

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-340673

(P2002-340673A)

(43)公開日 平成14年11月27日 (2002. 11. 27)

(51)IntCl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 1 J 3/18

G 0 1 J 3/18

2 G 0 2 0

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願2002-65079(P2002-65079)

(22)出願日 平成14年3月11日(2002.3.11)

(31)優先権主張番号 特願2001-76433(P2001-76433)

(32)優先日 平成13年3月16日(2001.3.16)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 00005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 岩間 武夫

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 100090011

弁理士 茂泉 修司

Fターム(参考) 2G020 CA17 CC04 CC12 CD24 CD56

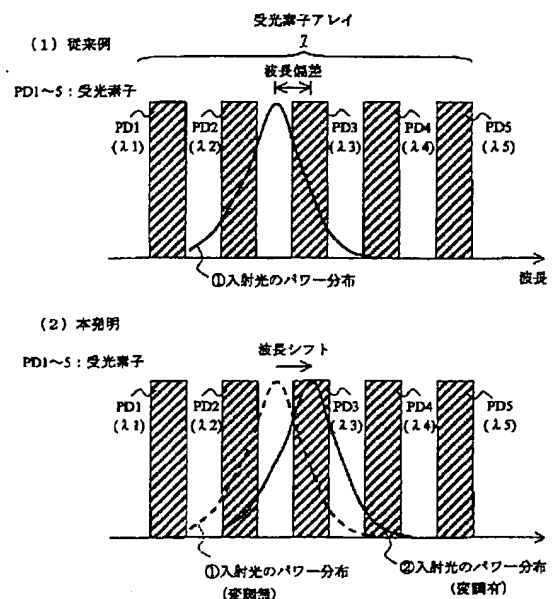
(54)【発明の名称】 光スペクトルアナライザー及び光スペクトル検出方法

(57)【要約】

【課題】分光器と受光素子アレイとで構成される光スペクトルアナライザー及びその使用方法に関し、受光素子アレイを構成する受光素子数を増やさずに、常に各受光素子の中心に光ビームを入射させる。

【解決手段】音響光学素子による出射光又は回折光の波長を検出する受光素子アレイが検出した光の、割当波長に対する波長偏差を検出して音響光学素子の回折角度をフィードバック制御する。また、フィードバック制御を用いずに、二つの受光素子アレイにより、音響光学素子からの出射光及び回折光をそれぞれ受光して、互いに間隙を補うように配置された各受光素子においても同様に受光素子の中心と光ビームのピークとを一致させて受光する。さらには、分光器の出力が、波長分割多重信号の各波長が順次少なくとも1波長成分を検出する受光素子アレイに与えられるように音響光学素子アレイの回折角度を制御回路により制御することができる。

本発明「1」の原理説明図



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】分光器と、

該分光器の出力光を回折可能な音響光学素子と、
該音響光学素子による回折光又は非回折光の波長を検出する受光素子アレイと、

該受光素子アレイが検出した光の、割当波長に対する波長偏差を検出して該音響光学素子の回折角度を制御する制御回路と、

を備えたことを特徴とする光スペクトルアナライザー。

【請求項2】分光器と、

該分光器の出力光を回折させる音響光学素子と、
該音響光学素子による出射光及び回折光をそれぞれ入射するとともに互いに各受光素子の間隙を補うように設けられた2つの受光素子アレイと、

を備えたことを特徴とする光スペクトルアナライザー。

【請求項3】分光器の出力光を音響光学素子を介して、受光素子アレイで検出する際に、該受光素子アレイが検出した光の、割当波長に対する波長偏差を検出して該音響光学素子の回折角度を制御することを特徴とした光スペクトル検出方法。

【請求項4】波長分割多重信号を入力する分光器と、
該分光器の出力光を回折可能な音響光学素子と、
該音響光学素子による回折光又は非回折光の少なくとも1波長成分を検出する受光素子アレイと、
該分光器の出力光が、該波長分割多重信号の各波長成分が順次該受光素子アレイに与えられるように該音響光学素子の回折角度を制御する制御回路と、
を備えたことを特徴とする光スペクトルアナライザー。

【請求項5】請求項4において、
該受光素子アレイが、複数の適用システムの波長間隔に選択的に対応できる数の受光素子を備えたことを特徴とする光スペクトルアナライザー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光スペクトルアナライザー及び光スペクトル検出方法に関し、特に波長分割多重(WDM)された光伝送信号の各波長の光パワーをモニターする機能を有する光スペクトルアナライザー及び光スペクトル検出方法に関するものである。

【0002】このような機能を有する光スペクトルアナライザーとしては、分光器と受光素子(PD)アレイとで構成されたものが知られており(例えば特開平9-210783号公報)、このような光スペクトルアナライザーは、機械的可動部を有するものに比べて信頼性が高く、長期間の使用が要求される光伝送装置に適用することが好ましいものとしてその重要性が増して来ている。

【0003】

【従来の技術】図17には、上記のような機械的可動部の無い従来の光スペクトルアナライザーが示されている。同図において、1は光ファイバーであり、この光ファイ

バー1からの出力光は、偏光補償板2によってP偏光及びS偏光に分離され、以って偏光依存性が抑圧され、レンズ3を通り分光器としての回折格子4に送られる。

【0004】この回折格子4では、波長分割多重された光伝送信号における波長成分毎に空間的に分離し、レンズ5を介して反射ミラー6で反射した後、受光素子アレイ7に入力される。このような構成により、波長分割多重された信号光が回折格子4で波長毎に分離され、測定精度を上げるために反射ミラー6を経由することにより、より長い経路が形成され、予め波長が割り当てられた複数の受光素子(図示せず)から成る受光素子アレイ7に入射し、この入射した信号光の波長とそのパワーが出力されて測定されることになる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このような従来の光スペクトルアナライザーにおいては、受光素子アレイによって、波長分割多重された光伝送信号を検出する構成を備えているため、波長及び光パワーの分解能が制限され、高精度の測定が困難であるという課題があった。

【0006】すなわち、現状の波長分割多重光通信システムにおいては、波長分解能として、1波長の検出用に割り当てられる受光素子数は物理的に3素子程度が限度であり、波長測定において受光素子アレイに光ビームの中心(ピーク)が入射しない場合にはその測定精度が劣化するという課題があった。

【0007】これを、図1(1)に示す例で説明すると、受光素子アレイ7が、例えば受光素子PD1~PD5...で構成されている場合、反射ミラー6からの入射光がパワー分布①を有するような場合、この入射光のピークが受光素子PD2とPD3との間に形成され、受光素子の中心と光ビームの中心とが合わない結果、例えば受光素子PD3に割り当てられた波長λ3を検出すべきであるにも関わらず、隣接した受光素子PD2に割り当てられた波長λ2を誤って検出してしまうということになる。

【0008】従って本発明は、分光器と受光素子アレイとで構成される光スペクトルアナライザー及びその光スペクトル検出方法において、受光素子アレイを構成する受光素子数を増やさずに、常に各受光素子の中心に光ビームを入射させるようにすることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明[1]に係る光スペクトルアナライザーは、分光器と、該分光器の出力光を回折可能な音響光学素子と、該音響光学素子による回折光又は非回折光の波長を検出する受光素子アレイと、該受光素子アレイが検出した光の、割当波長に対する波長偏差を検出して該音響光学素子の回折角度を制御する制御回路とを備えたことを特徴としている(請求項1/付記1)。

【0010】すなわち、本発明[1]に係る光スペクトルアナライザーでは、図17に示した従来の光スペクトル

10

20

30

40

50

ナライザーにおける反射ミラー60の代わりに、音響周波数を変調することにより屈折率（回折角）が変化する物質を有する音響光学素子を用い、受光素子アレイが検出した光の、割当波長に対する波長偏差を制御回路が検出して音響光学素子の回折角度を制御するようにしている。

【0011】これにより、図1(2)に示すように、音響光学素子を用いなかった場合の入射光のパワー分布①の状態（同図(1)に対応）から、パワー分布②の状態に波長シフトされる。従って、この例では受光素子PD3の中心と入射光のピークとが一致するようになり、以ってこの入射光の波長（及びパワー）は、予め受光素子PD3に割り当てられた波長 λ_3 として測定されることになる。

【0012】上記の制御回路は、該受光素子アレイを構成する各受光素子毎に予め割り当てられている波長と該受光素子が検出した光の波長との波長偏差を検出する波長偏差検出回路と、該波長偏差から該割り当てられている波長に対応した該受光素子に入射させるためのビーム回折角を算出するビーム回折角算出回路と、該ビーム回折角から該音響周波数を算出して該音響光学素子に与える音響周波数算出回路と、で構成することができる（付記2）。

【0013】また、上記の波長偏差検出回路は、該受光素子アレイが検出した光のピーク波長を算出する算出部と、該ピーク波長と該受光素子アレイにおける受光素子の内の最も近いものとの波長偏差を検出する検出部とで構成することができる（付記3）。

【0014】さらに、上記の算出部は、各受光素子の強度を求めて該強度からガウス分布を求めることにより該ピーク波長を算出することができる（付記4）。ここで、上記の光スペクトルアナライザーは、受光素子アレイから音響光学素子までのフィードバックループを用いて音響光学素子の回折光の角度調整を行っているが、このようなフィードバックループを用いない光スペクトルアナライザーも本発明により実現可能である。

【0015】すなわち、音響光学素子による出射光及び回折光をそれぞれ入射するとともに互いに各受光素子の間隙を補うように2つの受光素子アレイを設ければ、いずれか一方の受光素子アレイにより正確な波長検出を行うことができる（請求項2/付記5）。

【0016】なお、上記の音響光学素子としては、反射型又は透過型いずれのものを用いてもよく（付記6）、出射光及び／又は回折光を用いて受光素子アレイで波長検出を行うことができる。なお、上記の光スペクトルアナライザーには、該波長分割多重入力信号を直交成分に分離する偏光補償板をさらに含めることができる（付記7）。

【0017】さらに、上記の分光器としては、該偏光補償板の出力光を波長成分毎に空間分離する回折格子を用いることができる（付記8）。また、本発明[1]では、上

記の目的を達成するため、分光器の出力光を音響光学素子を介して、受光素子アレイで検出する際に、該受光素子アレイが検出した光の、割当波長に対する波長偏差を検出して該音響光学素子の回折角度を制御することを特徴とした光スペクトル検出方法が提供される（請求項3/付記9）。

【0018】そして、上記の回折角度の制御は、該受光素子アレイを構成する各受光素子毎に予め割り当てられている波長と該受光素子が検出した光の波長との波長偏差を検出し、該波長偏差から該割り当てられている波長に対応した該受光素子に入射させるためのビーム回折角を算出し、該ビーム回折角から該音響周波数を算出して該音響光学素子に与えることにより行うことができる（付記10）。

【0019】上記の波長偏差の検出は、該受光素子アレイが検出した光のピーク波長を算出し、該ピーク波長と該受光素子アレイにおける受光素子の内の最も近いものとの波長偏差を検出することにより行うことができる（付記11）。また、上記ピーク波長の算出は、各受光素子の強度を求めて該強度からガウス分布を求めることにより行うことができる（付記12）。

【0020】一方、上記の本発明[1]の場合には、受光素子アレイによって波長分割多重された光伝送信号を全波長成分について同時に検出する構成を備えているため、波長及び光パワーの分解能を高精度化するためには受光素子アレイのチャンネル数、すなわち受光素子数の増加が必須となり、受光素子アレイの多チャンネル化に伴う歩留まりの問題によるコストアップが生じてしまう。

【0021】特に最近では信号光のチャンネル数が100チャンネル以上にもなり、受光素子アレイの数は数100素子、或いは1000素子を越えるものが必要になって来ている。このようなことに鑑み、本発明[2]に係る光スペクトルアナライザーでは、波長分割多重信号を入力する分光器と、該分光器の出力光を回折可能な音響光学素子と、該音響光学素子による回折光又は非回折光の少なくとも1波長分を検出する受光素子アレイと、該分光器の出力光が、該波長分割多重信号の各波長が順次該受光素子アレイに与えられるように該音響光学素子の回折角度を制御する制御回路とを備え、受光素子アレイとして最小限度の受光素子数を設けることにより波長分割多重信号光の検出を行うようにしている（請求項4/付記13）。

【0022】すなわち、この場合の受光素子アレイは、音響光学素子による回折光または非回折光の少なくとも1波長分を検出するもので良い。そして、制御回路は、分光器の出力光である波長分割多重信号の各波長が例えば1波長成分又は2波長成分づつ順次受光素子アレイに与えられるように該音響光学素子の回折角度を制御している。

【0023】従って、図2に原理的に示すように、入射光Linは音響光学素子6によって波長 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$

の波長分散した反射光 L_{out} になるが、この場合、受光素子アレイ7は例えば一つの波長成分のみを検出できるだけの受光素子を備えていれば良い。

【0024】そして、制御回路15が音響光学素子6を制御することにより、最初は図示の如く受光素子アレイ7が λ_1 の反射光を検出するが、制御回路15が音響光学素子6を周波数制御することにより、受光素子アレイ7は、順次、波長 $\lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ を検出できるようになり、以て最終的に波長分割多重信号の全ての波長が小さな受光素子アレイ7によって検出できることになる。

【0025】また本発明[2]では、上記の受光素子アレイは、複数の適用システムの波長間隔（波長差）に対応できる数の受光素子を備えることができる（付記14）。さらに本発明[2]では、上記の複数の適用システムの波長間隔を、C band及びLbandの間隔にすることができる（付記15）。

【0026】さらに本発明[2]においても、上記の本発明[1]で示したフィードバック機能を利用して、制御回路は、受光素子アレイが検出した光の、割当波長に対する波長偏差を検出して該音響光学素子の回折角度を制御することが可能である（請求項5/付記16）。

【0027】さらに、この本発明[2]においても、波長分割多重信号を入力する分光器の出力光を音響光学素子が回折するとき、その回折光又は非回折光の少なくとも1波長分を受光素子アレイで検出し、該波長分割多重信号の各波長成分が順次該受光素子アレイに与えられるように、制御回路が、該音響光学素子の回折角度を制御する光スペクトル検出方法が提供される（付記17）。

【0028】

【発明の実施の形態】本発明[1]の実施例

図3は、本発明に係る光スペクトルアナライザを用いた全体構成の実施例を示したものである。この構成例においては、図17の従来例と比較すれば分かるように、反射ミラー60の代わりに変調電圧を印加することにより屈折率（回折角）が変化する音響光学素子6を用いると共に、受光素子アレイ7から音響光学素子6に至るフィードバックループに制御回路10を設けている点が異なっている。

【0029】この制御回路10は、波長偏差検出回路11とビーム回折角算出回路12と変調周波数算出回路13と変調回路14との直列回路で構成されており、波長偏差検出回路11はさらにピーク波長算出部111と波長偏差検出部112との直列回路で構成されている。

【0030】このような本発明の実施例における動作を各回路毎に順次説明する。まず、波長偏差検出回路11について説明する。図4は、波長偏差検出回路11を構成するピーク波長算出部111の実施例を示したものである。このピーク波長算出部111においては、まず、受光素子アレイ7を構成する各受光素子への入力信号光の強度を検出する（ステップS1）。

【0031】これは、図5に示す如く、受光素子アレイ7における例えば受光素子PD1～PD3における入力信号光の強度が図示のように、それぞれ強度 $a \sim c$ として測定されたことが示されている。このように検出された強度 $a \sim c$ に基づいて、そのガウス分布を求める（ステップS2）。これにより、図示の如く、ガウス分布 G が得られる。

【0032】この結果、ガウス分布 G に伴って、ピーク点 P が求められる（ステップS3）。そして、受光素子PD1～PD3にそれぞれ予め割り当てた波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ に基づいて、ピーク点 P の波長 λ_p を算出する（ステップS4）。なお、受光素子アレイ7の各受光素子に対する割当波長は、音響光学素子6に対して変調電圧を印加しない初期状態で初期値としての波長を割り当てておく必要がある。

【0033】図6は、波長偏差検出部112の実施例を示しており、今、割当波長の数 n とすると、これに対応して n 個のコンパレータ $C1 \sim Cn$ を設け、それぞれに、図4及び5で求めたピーク波長 λ_p を共通に入力すると共に、各コンパレータ $C1 \sim Cn$ の他方の端子に割当波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を入力する。

【0034】そして、これらのコンパレータ $C1 \sim Cn$ の出力信号は差分値として差分検出部 $D1 \sim Dn$ でそれぞれ検出され、これが最小値抽出部 E に与えられることにより、この最小値抽出部 E において最小差分値を波長偏差 $\Delta\lambda$ として抽出される。このようにして、波長偏差 $\Delta\lambda$ が検出された後、この波長偏差 $\Delta\lambda$ を用いて、図3に示したビーム回折角算出回路12においてビーム回折角 θ が算出される。

【0035】図7には、波長偏差検出回路11で検出した波長偏差 $\Delta\lambda$ と、ビーム回折角 θ との関係が示されており、最も近い受光素子に入射させるためのビーム回折角 θ は、音響光学素子6と受光素子アレイ7との距離、波長偏差 $\Delta\lambda$ に相当する位置ずれなどを幾何学的に考慮することにより容易に求めることができる。

【0036】このようにして、ビーム回折角算出回路12でビーム回折角 θ が求められると、このビーム回折角 θ に基づいて変調周波数算出回路13において変調周波数 f_a が算出される。すなわち、光ビームの回折角 θ と音響周波数 f_a との関係は、次式によって与えられることが既に知られている。

$$\theta = \lambda \cdot f_a / V_a \quad \dots\dots \text{式(1)}$$

ただし、 f_a ：音響波周波数

θ ：回折角

V_a ：音響波速度

λ ：最も近い受光素子に割り当てられた波長

従って、上記の式(1)を音響周波数 f_a について解くと次式のようなになる。

$$f_a = \theta \cdot V_a / \lambda \quad \dots\dots \text{式(2)}$$

この式(2)において、音響波速度 V_a 及び波長 λ は既知の値であるので、上記のようにビーム回折角算出回路12で

求めた回折角 θ を代入すれば音響周波数 f_a が得られることになる。

【0039】このようにして、変調周波数検出回路13で変調周波数 f_a が求められると、この周波数 f_a が変調回路14に与えられることにより、変調回路14は音響光学素子6を周波数 f_a によって駆動することとなり、その出射ビームの回折角を制御することができる。

【0040】この結果、図1(2)に示したように、受光素子PD2とPD3の間に光ビームが入射されたような場合（パワー分布①）でも、波長偏差 $\Delta\lambda$ 分だけ波長シフトすることにより、最も近い、予め割り当てた波長の受光素子PD3の中心に入射光のビーム中心（パワー分布②）が来るように制御されることとなる。

【0041】上記の実施例では、音響光学素子の制御特性に基づいてフィードバック制御を行い、以って光ビームが割当受光素子の中心に来るように制御しているが、このようなフィードバック制御を行わない場合の実施例が図8に示されている。すなわち、この実施例の場合には二組の受光素子アレイ71及び72を用意し、図示の如く、受光素子アレイ71を構成する受光素子PD1～PD4の間隙を他の受光素子アレイ72における受光素子PD5～PD7が補えるような関係に各受光素子PD1～PD7を配置したものである。

【0042】従って、同図(3)に示すように、入射光 $\alpha 1$ に対して、透過光 $\alpha 2$ と回折光 $\alpha 3$ とが回折角 θ で分離されて出力されることを利用し、透過光 $\alpha 2$ は、例えば、同図(1)に示した受光素子アレイ71を照射するようにし、他方、回折光 $\alpha 3$ は同図(2)に示す受光素子アレイ72を照射するように配置させている。

【0043】これにより、透過光 $\alpha 2$ においてその中心が受光素子PD2とPD3の間隙に位置するような場合でも、回折光 $\alpha 3$ の中心が受光素子PD6と一致するので、この回折光 $\alpha 3$ によって正確な波長を測定することが可能となる。なお、上記の実施例において、図3に示した場合には反射型の音響光学素子を示し、図8の実施例では透過型の音響光学素子6を示したが、図9に示すように、同図(1)に示す透過型の音響光学素子でも、同図(2)に示す反射型の音響光学素子のいずれでも、それぞれの実施例に適用することが可能である。

【0044】またさらに、上記の実施例では、音響光学素子を変調させる周波数を求めるためにビーム回折角を求めたが、波長偏差検出回路11で求めた波長偏差 $\Delta\lambda$ に基づいて屈折率を求め、これによって変調周波数 f_a を求めてもよい。

本発明[2]の実施例

図10に示すこの実施例では、図3に示した本発明[1]の実施例と比較すれば分かるように、受光素子アレイ7が波長分割多重(WDM)信号の全て又は多くを同時に受光するのではなく、1波長成分又はそれ以上の少ない波長成分だけ検出できる数の受光素子を備えたものとなってお

り、制御回路15は、この受光素子アレイ7で音響光学素子からの回折光が受光できるように順次波長をシフトして行くように制御する点が異なっている。

【0045】なお、この実施例では、受光素子アレイ7から制御回路15に同期信号SYNが与えられているが、これは受光素子アレイ7で受光したことを検出したことを制御回路15に知らせるものであり、制御回路15はこれに基づいて次の波長が受光素子アレイ7で検出されるように変調回路15を介して音響光学素子6を制御するようになっている。

【0046】但し、予めこの波長間隔を切り替える時間を設定しておけば、特にこのような同期信号SYNを用いなくてもよいので点線で図示されている。図11には、制御回路15から変調回路14を経て音響光学素子6に与える変調周波数を制御した場合の受光素子アレイの反射光 L_{out} の波長の変化が示されている。

【0047】すなわち、図10に示したような或る状態においては、図2に示したように例えば受光素子アレイ7には反射光 $L_{out}(\lambda 1, \lambda 2, \dots, \lambda n)$ の内の波長 $\lambda 1$ 成分のみが入射するようになっているが、この状態から、図11(1)～(3)に示すように変調回路14の出力周波数を f_1 から f_2 にステップ的に変化させている。

【0048】同図(1)の時刻 T_1 の場合には、変調周波数 f_1 によって入射光 L_{in} が音響光学素子6から反射光 $L_{out}(\lambda 1, \lambda 2, \dots, \lambda n)$ として反射されるとき、その内の波長 $\lambda 2$ 成分のみが受光素子アレイ7に入射されるように構成している。また、同図(2)の場合には、上記の式(1)に示す如く、制御回路15が変調回路14の音響波周波数 f_a を大きくすると、回折角 θ は多くなることに伴い、周波数 f_1 から f_2 に増大させているので、受光素子アレイ7には入射光 L_{in} に対する反射光 L_{out} の波長 $\lambda 3$ 成分のみが入射されるようになる。

【0049】さらに同図(3)の場合には、周波数 f_2 を上記の周波数 f_1 よりさらに高くしたことに伴い、受光素子アレイ7は、反射光 L_{out} の波長 $\lambda 4$ 成分のみを入射するようにしている。図12(1)～(3)には、図11(1)～(3)に示したそれぞれの場合における受光素子アレイ7への信号入力状態が示されている。

【0050】すなわち、図12(1)の時刻 T_1 （周波数 f_1 ）の場合には、受光素子アレイ7には、反射光 L_{out} の内の波長 $\lambda 2$ 成分のみが入射された状態が示されており、同図(2)の時刻 T_2 （周波数 f_2 ）の場合には、反射光 L_{out} の波長 $\lambda 3$ 成分のみ、そして同図(3)の時刻 T_3 （周波数 f_3 ）の場合には反射光 L_{out} の波長 $\lambda 4$ 成分のみが入射するように構成されている。

【0051】このように、変調回路14の出力信号周波数を、制御回路15が逐次ステップ的に変えることにより、同図(4)に一般的に示すように、時刻 T_n （周波数 f_n ）の場合には、受光素子アレイ7に反射光 L_{out} の波長 λn 成分のみが入射されることとなる。

【0052】図12に示したように、反射光を1波長成分シフトする場合には、受光素子アレイ7は2波長成分の長さに対応する受光素子の数を備えていれば良い。また、このように周波数を変えた場合に1波長成分シフトする周波数について求める。

【0053】まず上記の式(1)において、空気中の光波長 $\lambda = 1.5\mu\text{m}$ 、音響波周波数 $f_a = 10\text{MHz}$ 、そして音響波速度 $V_a = 3\text{Km/s}$ （リチウムナイオベートの場合）とする *

*と、

$$\theta = 0.005\text{rad} = 0.3^\circ \quad \dots\dots\text{式(3)}$$

となる。

【0054】一方、入射光の周波数間隔を50GHzとすると、下記の表に示す如く、波長間隔（波長差）は0.4nmとなることが分かる。

【0055】

【表1】

50GHz周波数間隔

CH	周波数 f (GHz)	波長 λ (nm)	備考
30	193,000	1553.3290	$\left\{ \begin{array}{l} 50\text{GHz} \\ 0.4012\text{nm} \end{array} \right\}$ $\left\{ \begin{array}{l} 50\text{GHz} \\ 0.4032\text{nm} \end{array} \right\}$ $\left\{ \begin{array}{l} 50\text{GHz} \\ 0.4018\text{nm} \end{array} \right\}$ $\left\{ \begin{array}{l} 50\text{GHz} \\ 0.4018\text{nm} \end{array} \right\}$
30.5	193,050	1552.9278	
31	193,100	1552.5246	
31.5	193,150	1552.1228	
32	193,200	1551.7210	

すなわち、周波数 f は光の周波数を示しており、 $f = c$ （光速）/ λ （光波長） $= 3 \times 10^8 / 1.55 \times 10^{-6} = 193,000\text{GHz}$ から求められた値に相当している。上記の表におけるチャンネルCH30とCH30.5を比較すると、周波数は各々193,000GHzと193,050GHzであり、その周波数差は50GHzとなる。この値が周波数間隔50GHzに対応すると共に、波長間隔0.4nmに対応している。

【0056】上記の波長間隔は、図12における隣接する波長同士間の間隔を示すものであるが、この波長間隔は実際には図13に示すようなビームずれ量 Δl として表わされる。すなわち、図13に示すように、音響光学素子6と受光素子アレイ7との距離を d とし、波長間隔を $\Delta \lambda$ としたとき、ビームずれ量 Δl は下記の式によって与えられる。

$$\Delta l = a \times d \times \Delta \lambda \quad \dots\dots\text{式(4)}$$

但し、 a は定数である。ここで、上記の表から求めた波長間隔0.4nmと、図13に示した音響光学素子6と受光素子アレイ7との距離 $d = 10\text{cm}$ を上記の式(4)に代入し、且つ定数 a を種々の条件によって与えることにより、ビームずれ量 Δl は図示の如く約 $100\mu\text{m}$ として得られる。

【0058】この結果、 $\tan \theta = 10^{-3}$ となり、 $\theta = 0.06^\circ$ となる。上記の式(3)で $\theta = 0.3^\circ$ が得られているので、10MHzで 0.3° であるから、図13の例の場合における $\theta = 0.06^\circ$ の5倍となるので、必要ビームのシフトを行うためには、変調周波数を $10/5 = 2\text{MHz}$ シフトすれば良いことが分かる。

【0059】従って、一例として示した図11及び図12の場合には、変調回路14からの周波数は2MHz毎にステップ的にシフトさせて行けば良いことになる。上記の図11及

び図12に示した実施例では、反射光 L_{out} を1波長成分だけ受光素子アレイ7に入射させているが、図14に示した実施例では、同じ1波長成分シフトさせる点で基本的な光学設計は図11及び図12の場合と同じではあるものの、同時に受光素子アレイ7上に入射する信号を1チャンネル（波長成分）から2チャンネルに増やした点が異なっている。すなわち、受光素子アレイ7の受光素子の数を2チャンネル分に増やしている。

【0060】このような図14に示した実施例の応用例が図15に示されている。すなわち、入射光 L_{in} の周波数間隔が上記の50GHzの場合には、図14に示した実施例のように波長 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \dots$ というように0.4nmの波長間隔でビームが受光素子アレイ7上に形成され且つシフトされて行くが、入射光 L_{in} が50GHzから100GHzの周波数間隔に切り替わったような場合（システム切替時）には、上記の表に示す如く、周波数間隔100GHzの場合には波長間隔が0.8nmとなるので、図15に示す如く、周波数間隔50GHzの一つ置きにビームを形成すれば良いことになる。

【0061】従って、例えば同図(1)の時刻 T_1 （周波数 f_1 ）の場合、受光素子アレイ7には、周波数間隔50GHzでは2波長成分 λ_2, λ_4 2ビームが入射され、100GHzの場合には右側の1波長成分 λ_2 のみが入射されることになる。図16には、図15に示したような50GHzと100GHzの周波数間隔を切り替える場合の反射光の状態が示されている。すなわち、点線が周波数間隔50GHzの反射光 L_{out} であるとする、実線は100GHzの周波数間隔の反射光 L_{out} を示しており、100GHz適用システムと50GHz適用システムとを切り替えた時に図15に示すように一つの受光素子

アレイ7で両方のシステムについて対応することが可能となる。

【0062】このように波長分割多重(WDM)信号光の波長間隔はITU-Tグリッド波長として0.8nm, 0.4nmなどが決められており、音響光学素子の屈折率はこの波長間隔に合わせて変化させれば良いことが分かる。また、光ビームの出射位置の変化はITU-Tグリッド波長の1波長成分だけでなく2波長成分でも3波長成分でも自由に選択することが可能となり、必要な波長精度及びコストとの兼ね合いで設計を行うことが可能となる。

【0063】さらには、上記の適用システムの波長をC band及びL bandに共用させることができる。また、受光素子アレイの動作状態を確認しておけば、動作不良の受光素子アレイの素子があってもその素子への入射を避けるようにフィードバックすることで、動作不良の受光素子アレイ素子があっても完全に波長分割多重(WDM)信号の測定が可能となる。

【0064】さらには、図10において、制御回路15としては本発明[1]のような構成を特に備えていないものとして説明したが、本発明[1]を同様に適用することにより、少ない数の受光素子の受光素子アレイにおいても、受光素子アレイが検出した光の割当波長に対する波長偏差を検出して音響光学素子の回折角度をフィードバック制御すれば、より好ましい形で各受光素子の中心と光ビームのピークとを一致させることが可能となり、正確な光信号波長の検出が可能となる。

【0065】(付記1)分光器と、該分光器の出力光を回折可能な音響光学素子と、該音響光学素子による回折光又は非回折光の波長を検出する受光素子アレイと、該受光素子アレイが検出した光の、割当波長に対する波長偏差を検出して該音響光学素子の回折角度を制御する制御回路と、を備えたことを特徴とする光スペクトルアナライザ。

【0066】(付記2)付記1において、該制御回路が、該受光素子アレイを構成する各受光素子毎に予め割り当てられている波長と該受光素子が検出した光の波長との波長偏差を検出する波長偏差検出回路と、該波長偏差から該割り当てられている波長に対応した該受光素子に入射させるためのビーム回折角を算出するビーム回折角算出回路と、該ビーム回折角から該音響周波数を算出して該音響光学素子に与える音響周波数算出回路と、で構成されていることを特徴とした光スペクトルアナライザ。

【0067】(付記3)付記2において、該波長偏差検出回路が、該受光素子アレイが検出した光のピーク波長を算出する算出部と、該ピーク波長と該受光素子アレイにおける受光素子の内の最も近いものの波長偏差を検出する検出部と、で構成されたことを特徴とする光スペクトルアナライザ。

【0068】(付記4)付記3において該算出部が、各

受光素子の強度を求めて該強度からガウス分布を求めることにより該ピーク波長を算出することを特徴とした光スペクトルアナライザ。

(付記5)分光器と、該分光器の出力光を回折させる音響光学素子と、該音響光学素子による出射光及び回折光をそれぞれ入射するとともに互いに各受光素子の間隙を補うように設けられた2つの受光素子アレイと、を備えたことを特徴とする光スペクトルアナライザ。

【0069】(付記6)付記1から5のいずれかにおいて、該音響光学素子が、反射型又は透過型のものであることを特徴とした光スペクトルアナライザ。

(付記7)該波長分割多重入力信号を直交成分に分離する偏光補償板をさらに含んでいることを特徴とした光スペクトルアナライザ。

【0070】(付記8)付記7において、該分光器が、該偏光補償板の出力光を波長成分毎に空間分離する回折格子であることを特徴とした光スペクトルアナライザ。

(付記9)分光器の出力光を音響光学素子を介して、受光素子アレイで検出する際に、該受光素子アレイが検出した光の、割当波長に対する波長偏差を検出して該音響光学素子の回折角度を制御することを特徴とした光スペクトル検出方法。

【0071】(付記10)付記9において、該回折角度の制御が、該受光素子アレイを構成する各受光素子毎に予め割り当てられている波長と該受光素子が検出した光の波長との波長偏差を検出し、該波長偏差から該割り当てられている波長に対応した該受光素子に入射させるためのビーム回折角を算出し、該ビーム回折角から該音響周波数を算出して該音響光学素子に与えることにより行われることを特徴とした方法。

【0072】(付記11)付記10において、該波長偏差の検出が、該受光素子アレイが検出した光のピーク波長を算出し、該ピーク波長と該受光素子アレイにおける受光素子の内の最も近いものの波長偏差を検出することにより行われることを特徴とした方法。

【0073】(付記12)付記11において、該ピーク波長の算出が、各受光素子の強度を求めて該強度からガウス分布を求めることにより行われることを特徴とした方法。

(付記13)波長分割多重信号を入力する分光器と、該分光器の出力光を回折可能な音響光学素子と、該音響光学素子による回折光又は非回折光の少なくとも1波長成分を検出する受光素子アレイと、該分光器の出力光が、該波長分割多重信号の各波長成分が順次該受光素子アレイに与えられるように該音響光学素子の回折角度を制御する制御回路と、を備えたことを特徴とする光スペクトルアナライザ。

【0074】(付記14)付記13において、該受光素子アレイが、複数の適用システムの波長間隔に選択的に

対応できる数の受光素子を備えたことを特徴とする光スペクトルアナライザー。

(付記15) 付記14において、該複数の適用システムの波長間隔が、C band及びL bandであることを特徴とする光スペクトルアナライザー。

【0075】(付記16) 付記13から15のいずれか一つにおいて、該制御回路が、該受光素子アレイが検出した光の、割当波長に対する波長偏差を検出して該音響光学素子の回折角度を制御することを特徴とする光スペクトルアナライザー。

【0076】(付記17) 波長分割多重信号を入力する分光器の出力光を音響光学素子が回折するとき、その回折光又は非回折光の少なくとも1波長分を受光素子アレイで検出し、該波長分割多重信号の各波長成分が順次外受光素子アレイに与えられるように制御回路が、該音響光学素子の回折角度を制御する光スペクトル検出方法。

【0077】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る光スペクトルアナライザー及びその光スペクトル検出方法によれば、音響光学素子による出射光又は回折光の波長を検出する受光素子アレイが検出した光の、割当波長に対する波長偏差を検出して音響光学素子の回折角度をフィードバック制御するように構成したので、受光素子アレイの受光素子数を増やさずに、常に各受光素子の中心と光ビームのピークとを一致させることが可能となり、正確な光信号波長のモニタが可能となる。

【0078】また、本発明では、フィードバック制御を用いずに、二つの受光素子アレイにより、音響光学素子からの出射光及び回折光をそれぞれ受光して、互いに間隙を補うように配置された各受光素子においても同様に受光素子の中心と光ビームのピークとを一致させることが可能となる。

【0079】また本発明では、音響光学素子による回折光又は非回折光の少なくとも1波長成分を受光素子アレイで検出し、分光器の出力光が、波長分割多重信号の各波長が順次該受光素子アレイに与えられるように該音響光学素子の回折角度を制御回路が制御するようにすることで、次のような効果が得られる。

【0080】現在、波長分割多重チャネル数が32~40チャネルさらには100チャネル以上と要求が増大しており、この要求に対応するための受光素子アレイの素子も増大しているが、受光素子アレイの素子数は256素子又は512素子が現実的な値である。これらの素子数の受光素子アレイを得るためには歩留まり、1ウエハーから取れるチップ数などの問題から受光素子アレイ素子の価格がアップしてしまうが、本発明では受光素子アレイの素子数を1チャネルの測定ができる程度の素子数とし、音響光学素子で受光素子アレイに入射する信号光を選択することにより、素子数を大幅に削減することが可能となり、大幅なコストダウンが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術に対する本発明[1]に係るスペクトルアナライザーの作用を説明するための図である。

【図2】本発明[2]に係る光スペクトルアナライザーの原理を説明するための図である。

【図3】本発明[1]に係るスペクトルアナライザーの全体構成例を示したブロック図である。

【図4】本発明[1]に係るスペクトルアナライザーに用いられるピーク波長算出部の実施例を示したブロック図である。

【図5】図3に示したピーク波長算出部の動作を説明するためのグラフ図である。

【図6】本発明[1]に係る光スペクトルアナライザーに用いられる波長偏差検出部の実施例を示したブロック図である。

【図7】本発明[1]に係る光スペクトルアナライザーで求めるビーム回折角と波長偏差との関係を示した概略図である。

【図8】本発明[1]に係る光スペクトルアナライザーの他の実施例を示したブロック図である。

【図9】本発明[1]に係る光スペクトルアナライザーに用いられる音響光学素子の種類を示したブロック図である。

【図10】本発明[2]に係る光スペクトルアナライザーの一実施例を示したブロック図である。

【図11】本発明[2]において音響光学素子の変調周波数と受光素子アレイへの入射波長との関係を示した図である。

【図12】本発明[2]において各時刻の受光素子アレイへの信号入力状態(1波長成分シフト例)を示した図である。

【図13】本発明[2]においてビームずれ量とビーム回折角との関係を説明するための図である。

【図14】本発明[2]において各時刻の受光素子アレイへの信号入力状態(2波長成分シフト例)を示した図である。

【図15】周波数間隔50GHz/100GHzの適用システムを共用した場合の各時刻の受光素子アレイへの信号入力状態を示した図である。

【図16】本発明[2]において適用システムを切替えるときの音響光学素子からの出力光を示した図である。

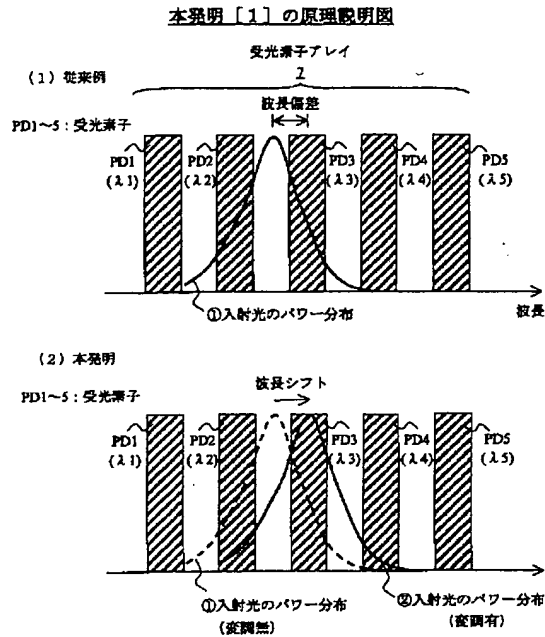
【図17】従来の光スペクトルアナライザーを示したブロック図である。

【符号の説明】

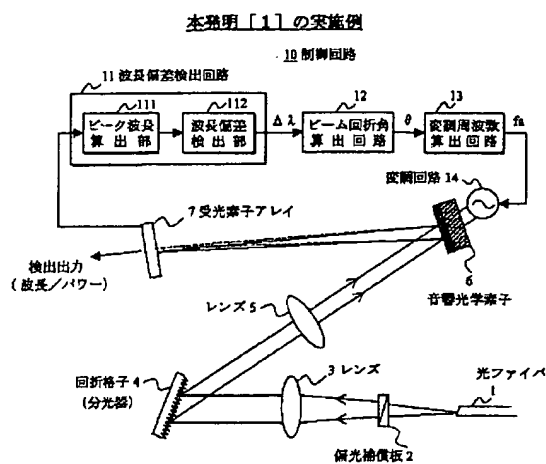
- 1 光ファイバ
- 2 偏光補償板
- 3,5 レンズ
- 4 回折格子(分光器)
- 6 音響光学素子
- 7,71,72 受光素子アレイ

PD1~PD7 受光素子
10 制御回路
11 波長偏差検出回路
111 ピーク波長算出部
112 波長偏差検出部

【図1】



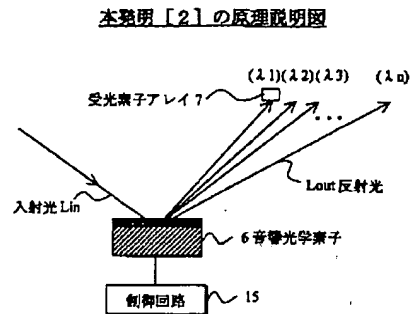
【図3】



* 12 ビーム回折角算出回路
13 変調周波数算出回路
14 変調回路
15 制御回路

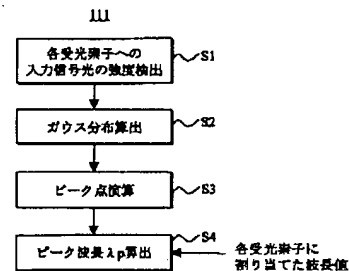
* 図中、同一符号は同一または相当部分を示す。

【図2】

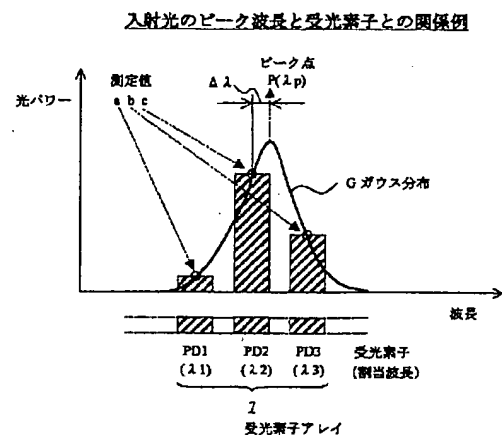


【図4】

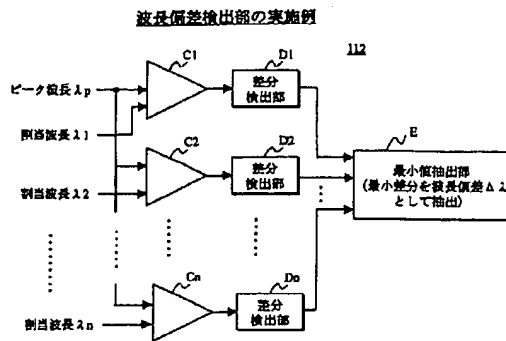
ピーク波長算出部の実施例



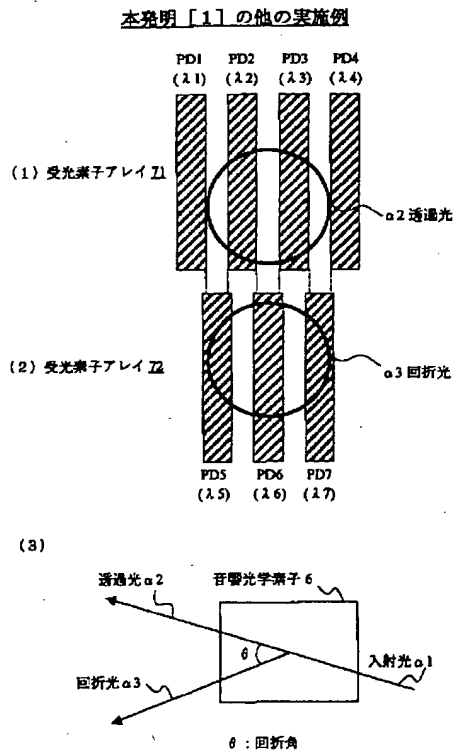
【図5】



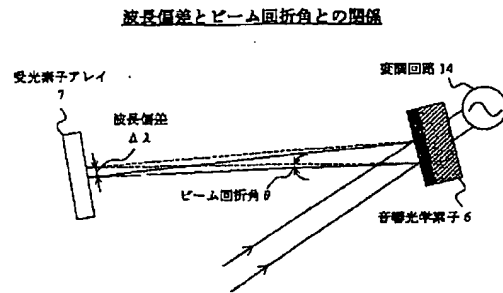
【図6】



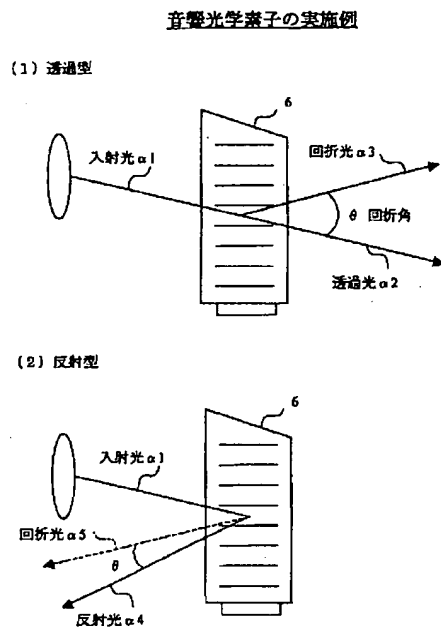
【図8】



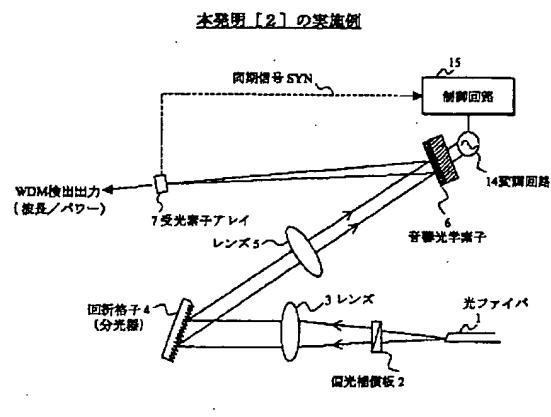
【図7】



【図9】

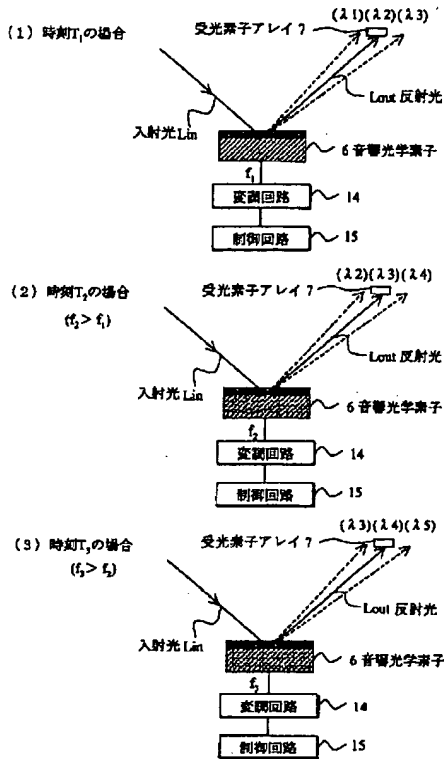


【図10】



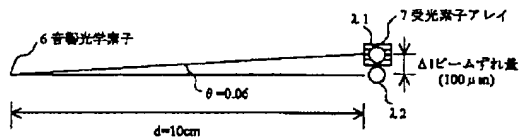
【図11】

音響光学素子の変調周波数と
受光素子アレイへの入射波長との関係



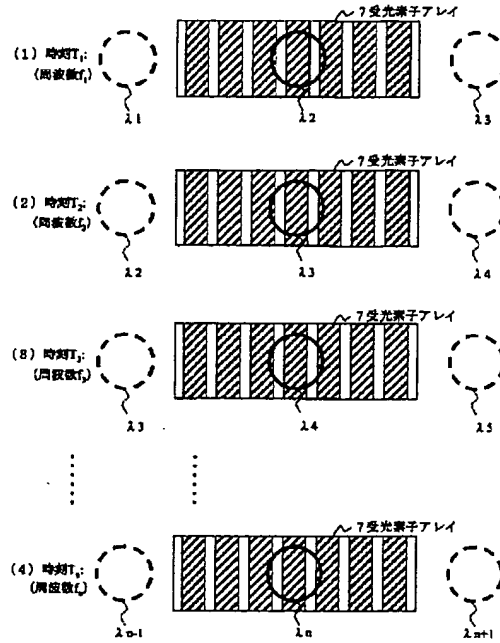
【図13】

ビームずれ量とビーム回折角



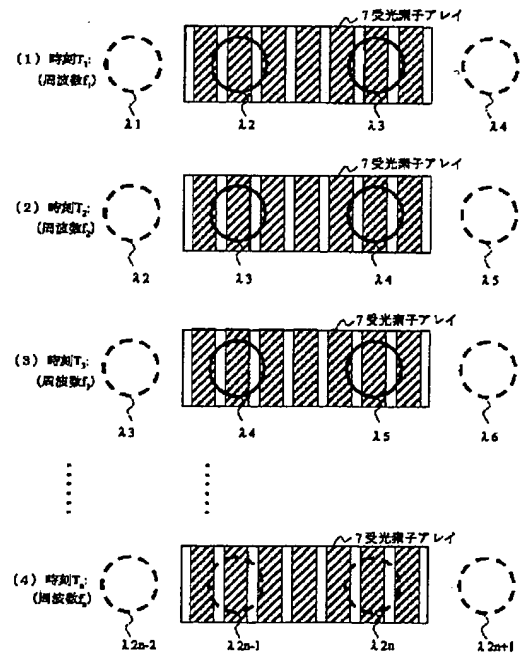
【図12】

各時刻の受光素子アレイへの信号入力状態 (1 波長成分シフト例)

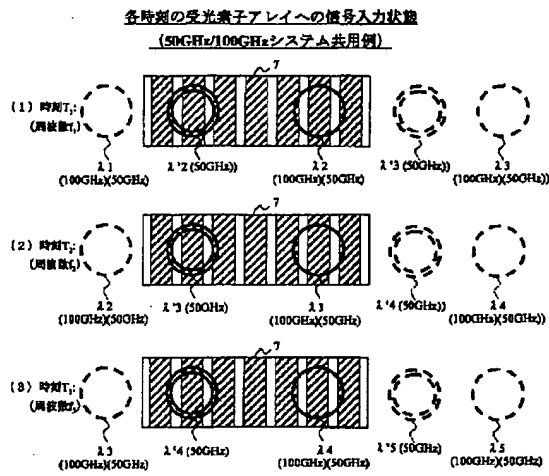


【図14】

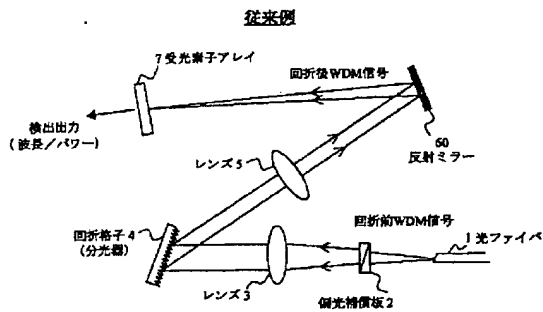
各時刻の受光素子アレイへの信号入力状態 (2 波長成分シフト例)



【図15】

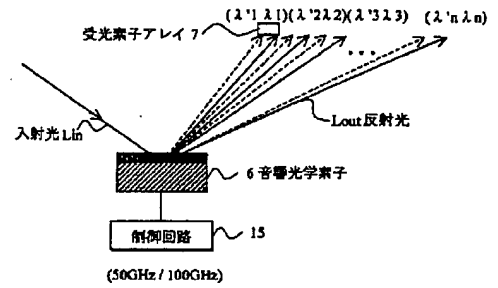


【図17】



【図16】

音響光学素子からの出力光 (適用システム切替時)



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第1区分

【発行日】平成16年11月25日(2004.11.25)

【公開番号】特開2002-340673(P2002-340673A)

【公開日】平成14年11月27日(2002.11.27)

【出願番号】特願2002-65079(P2002-65079)

【国際特許分類第7版】

G 0 1 J 3/18

【F I】

G 0 1 J 3/18

【手続補正書】

【提出日】平成15年12月4日(2003.12.4)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

分光器と、

該分光器の出力光を回折可能な音響光学素子と、

該音響光学素子による回折光又は非回折光の波長を検出する受光素子アレイと、

該受光素子アレイが検出した光の、割当波長に対する波長偏差を検出して該音響光学素子の回折角度を制御する制御回路と、

を備えたことを特徴とする光スペクトルアナライザー。

【請求項2】

分光器と、

該分光器の出力光を回折させる音響光学素子と、

該音響光学素子による出射光及び回折光をそれぞれ入射するとともに互いに各受光素子の間隙を補うように設けられた2つの受光素子アレイと、

を備えたことを特徴とする光スペクトルアナライザー。

【請求項3】

分光器の出力光を音響光学素子を介して、受光素子アレイで検出する際に、該受光素子アレイが検出した光の、割当波長に対する波長偏差を検出して該音響光学素子の回折角度を制御することを特徴とした光スペクトル検出方法。

【請求項4】

波長分割多重信号を入力する分光器と、

該分光器の出力光を回折可能な音響光学素子と、

該音響光学素子による回折光又は非回折光の少なくとも1波長成分を検出する受光素子アレイと、

該分光器の出力光が、該波長分割多重信号の各波長成分が順次該受光素子アレイに与えられるように該音響光学素子の回折角度を制御する制御回路と、

を備えたことを特徴とする光スペクトルアナライザー。

【請求項5】

請求項1から4のいずれかにおいて、該音響光学素子が、反射型又は透過型のものであることを特徴とした光スペクトルアナライザー。

【請求項6】

請求項3において、該波長偏差の検出が、該受光素子アレイが検出した光のピーク波長

を算出し、該ピーク波長と該受光素子アレイにおける受光素子の内の最も近いものの波長偏差を検出することにより行われることを特徴とした光スペクトル検出方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0025】

また本発明[2]では、該音響光学素子として、反射型又は透過型のものを用いることができる（付記14）。

さらに本発明[2]では、上記の複数の適用システムの波長間隔を、C band及びL bandの間隔にすることができる（付記15）。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0027】

さらに、この本発明[2]においても、波長分割多重信号を入力する分光器の出力光を音響光学素子が回折するとき、その回折光又は非回折光の少なくとも1波長分を受光素子アレイで検出し、該波長分割多重信号の各波長成分が順次該受光素子アレイに与えられるように、制御回路が、該音響光学素子の回折角度を制御する光スペクトル検出方法が提供される（付記17）。

なお、上記波長偏差の検出は、該受光素子アレイが検出した光のピーク波長を算出し、該ピーク波長と該受光素子アレイにおける受光素子の内の最も近いものの波長偏差を検出することにより行うことができる（付記18）。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0074

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0074】

（付記14）付記1、5、9、及び13の内のいずれかにおいて、該音響光学素子が、反射型又は透過型のものであることを特徴とした光スペクトルアナライザー。

（付記15）付記14において、該複数の適用システムの波長間隔が、C band及びL bandであることを特徴とする光スペクトルアナライザー。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0076

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0076】

（付記17）

波長分割多重信号を入力する分光器の出力光を音響光学素子が回折するとき、その回折光又は非回折光の少なくとも1波長分を受光素子アレイで検出し、該波長分割多重信号の各波長成分が順次受光素子アレイに与えられるように制御回路が、該音響光学素子の回折角度を制御する光スペクトル検出方法。

（付記18）付記9において、

該波長偏差の検出が、該受光素子アレイが検出した光のピーク波長を算出し、該ピーク波長と該受光素子アレイにおける受光素子の内の最も近いものとの波長偏差を検出することにより行われることを特徴とした光スペクトル検出方法。

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The optical spectrum analyzer characterized by having a spectroscopy, the acoustooptics component which can diffract the output light of this spectroscopy, the photo detector array which detects the wavelength of the diffracted light by this acoustooptics component, or the non-diffracted light, and the control circuit which detects the wavelength deflection to the allocation wavelength of the light which this photo detector array detected, and controls whenever [angle-of-diffraction / of this acoustooptics component].

[Claim 2] The optical spectrum analyzer characterized by having a spectroscopy, the acoustooptics component which makes the output light of this spectroscopy diffract, and two photo detector arrays prepared so that the gap of each photo detector might be compensated mutually, while carrying out incidence of the outgoing radiation light and the diffracted light by this acoustooptics component, respectively.

[Claim 3] The optical spectrum detection approach characterized by detecting the wavelength deflection to the allocation wavelength of the light which this photo detector array detected, and controlling whenever [angle-of-diffraction / of this acoustooptics component] in case the output light of a spectroscopy is detected by the photo detector array through an acoustooptics component.

[Claim 4] The spectroscopy which inputs a wavelength division multiplex signal, and the acoustooptics component which can diffract the output light of this spectroscopy, The photo detector array which detects the at least one-wave component of the diffracted light by this acoustooptics component, or the non-diffracted light, The optical spectrum analyzer characterized by having the control circuit where the output light of this spectroscopy controls whenever [angle-of-diffraction / of this acoustooptics component] so that each wavelength component of this wavelength division multiplex signal is given to this photo detector array one by one.

[Claim 5] The optical spectrum analyzer characterized by having a number of photo detectors with which this photo detector array can respond to wavelength spacing of two or more application systems alternatively in claim 4.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Especially this invention relates to the optical spectrum analyzer who has the function which acts as the monitor of the optical power of each wavelength of the optical transmission signal by which the wavelength division multiplex (WDM) was carried out, and the optical spectrum detection approach about an optical spectrum analyzer and the optical spectrum detection approach.

[0002] As an optical spectrum analyzer who has such a function, what consisted of a spectroscopy and a photo detector (PD) array is known (for example, JP,9-210783,A), and such an optical spectrum analyzer has been gaining in the importance as what has reliable compared with what has mechanical moving part, and desirable applying to the optical transmission device with which prolonged use is demanded.

[0003]

[Description of the Prior Art] The conventional optical spectrum analyzer without the above mechanical moving part is shown in drawing 17. in this drawing, 1 is an optical fiber and the polarization compensating plate 2 separates the output light from this optical fiber 1 into P polarization and S polarization — having — with — **** — a polarization dependency oppresses — having — a lens 3 — a passage — the diffraction grating 4 as a spectroscopy — sending — having .

[0004] In this diffraction grating 4, it is inputted into the photo detector array 7, after dissociating spatially for every wavelength component in the optical transmission signal by which the wavelength division multiplex was carried out and reflecting by the reflective mirror 60 through a lens 5. In order that it may dissociate for every wavelength by the diffraction grating 4 and the signal light by which the wavelength division multiplex was carried out may raise the accuracy of measurement by such configuration, by going via the reflective mirror 60, a longer path will be formed, incidence will be carried out to the photo detector array 7 which consists of two or more photo detectors (not shown) to which wavelength was assigned beforehand, and the wavelength and power of this signal light that carried out incidence will be outputted and measured.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In such a conventional optical spectrum analyzer, since it had the configuration which detects the optical transmission signal in which the wavelength division multiplex was carried out by the photo detector array, the resolution of wavelength and optical power was restricted and the technical problem that highly precise measurement was difficult occurred.

[0006] namely, the present wavelength division multiplex optical transmission system — setting — wavelength — as resolution, about three elements were limits physically, and when the core (peak) of a light beam did not carry out incidence of the light-receiving element number assigned to one wave of detection to a photo detector array in wavelength measurement, it had the technical problem that the accuracy of measurement deteriorated.

[0007] When the example shown in drawing 1 (1) explains this, the photo detector array 7 For example, when it consists of a photo detector PD 1 - PD5 —, When the incident light from the reflective mirror 60 has power distribution **, the peak of this incident light is formed among photo detectors PD2 and PD3. In spite of detecting the wavelength λ_3 assigned to the photo detector PD 3 as a result of the core of a photo detector and the core of a light beam not suiting, it will be said that the wavelength λ_2 assigned to the photo detector PD 2 which adjoined will be detected accidentally.

[0008] Therefore, this invention aims at making it make the core of each photo detector always carry out incidence of the light beam in the optical spectrum analyzer who consists of a spectroscopy and a photo detector array, and its optical spectrum detection approach, without increasing the light-receiving element

number which constitutes a photo detector array.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the optical spectrum analyzer concerning this invention [1] A spectroscope, the acoustooptics component which can diffract the output light of this spectroscope, and the photo detector array which detects the wavelength of the diffracted light by this acoustooptics component, or the non-diffracted light, It is characterized by having the control circuit which detects the wavelength deflection to the allocation wavelength of the light which this photo detector array detected, and controls whenever [angle-of-diffraction / of this acoustooptics component] (1/additional remark 1 of claims).

[0010] That is, a control circuit detects the wavelength deflection to the allocation wavelength of the light which the photo detector array detected using the acoustooptics component which has the matter from which a refractive index (angle of diffraction) changes by modulating acoustic frequency instead of the reflective mirror 60 in the conventional optical spectrum analyzer who showed drawing 17, and he is trying to control whenever [angle-of-diffraction / of an acoustooptics component] by the optical spectrum analyzer concerning this invention [1].

[0011] Thereby, as shown in drawing 1 (2), it changes a wavelength shift into the condition of power distribution ** from the condition (it corresponds to this drawing (1)) of power distribution ** of the incident light at the time of not using an acoustooptics component. therefore — this example — the core of a photo detector PD 3, and the peak of incident light — in agreement — coming — with — **** — the wavelength (and power) of this incident light will be measured as wavelength λ_3 beforehand assigned to the photo detector PD 3.

[0012] The wavelength deflection detector which detects the wavelength deflection of the wavelength from which the above-mentioned control circuit constitutes this photo detector array, and which is beforehand assigned for every photo detector, and the wavelength of light which this photo detector detected, it can come out with the beam angle-of-diffraction calculation circuit which computes the beam angle of diffraction for carrying out incidence to this photo detector corresponding to this quota ***** wavelength from this wavelength deflection, and the acoustic frequency calculation circuit which computes this acoustic frequency from this beam angle of diffraction, and is given to this acoustooptics component, and can constitute (additional remark 2).

[0013] Moreover, the above-mentioned wavelength deflection detector can consist of the calculation section which computes the peak wavelength of the light which this photo detector array detected, and a detecting element which detects the wavelength deflection of this peak wavelength and the nearest thing of the photo detectors in this photo detector array (additional remark 3).

[0014] Furthermore, the above-mentioned calculation section can compute this peak wavelength by searching for Gaussian distribution from this reinforcement in quest of the reinforcement of each photo detector (additional remark 4). Here, although the above-mentioned optical spectrum analyzer is performing include-angle adjustment of the diffracted light of an acoustooptics component using the feedback loop from a photo detector array to an acoustooptics component, the optical spectrum analyzer who does not use such the feedback loop can also be realized by this invention.

[0015] That is, if two photo detector arrays are prepared so that the gap of each photo detector may be compensated mutually while carrying out incidence of the outgoing radiation light and the diffracted light by the acoustooptics component, respectively, one of photo detector arrays can perform exact wavelength detection (claim 2 / additional remark 5).

[0016] in addition — as the above-mentioned acoustooptics component — a reflective mold or a transparency mold — which thing may be used (additional remark 6) and wavelength detection can be performed by the photo detector array using outgoing radiation light and/or the diffracted light. In addition, the polarization compensating plate which divides this wavelength division multiplex input signal into an orthogonal component can be further included in the above-mentioned optical spectrum analyzer (additional remark 7).

[0017] Furthermore, as the above-mentioned spectroscope, the diffraction grating which carries out space separation of the output light of this polarization compensating plate for every wavelength component can be used (additional remark 8). Moreover, in this invention [1], in order to attain the above-mentioned purpose, in case the output light of a spectroscope is detected by the photo detector array through an acoustooptics component, the optical spectrum detection approach characterized by detecting the wavelength deflection to the allocation wavelength of the light which this photo detector array detected, and controlling whenever [angle-of-diffraction / of this acoustooptics component] is offered (3/additional remark 9 of claims).

[0018] And control circuit 15 whenever [above-mentioned angle-of-diffraction] detects the wavelength deflection of the wavelength which constitutes this photo detector array and which is beforehand assigned for every photo detector, and the wavelength of the light which this photo detector detected. It can carry out by computing the beam angle of diffraction for carrying out incidence to this photo detector corresponding to this quota ***** wavelength from this wavelength deflection, computing this acoustic frequency from this beam angle of diffraction, and giving this acoustooptics component (additional remark 10).

[0019] Detection of the above-mentioned wavelength deflection can compute the peak wavelength of the light which this photo detector array detected, and can be performed by detecting the wavelength deflection of this peak wavelength and the nearest thing of the photo detectors in this photo detector array (additional remark 11). Moreover, calculation of the above-mentioned peak wavelength can be performed by searching for Gaussian distribution from this reinforcement in quest of the reinforcement of each photo detector (additional remark 12).

[0020] On the other hand, in the case of above-mentioned this invention [1], since it has the configuration which detects to coincidence the optical transmission signal in which the wavelength division multiplex was carried out by the photo detector array about a part for full wave Naganari, in order to make highly precise resolving power of wavelength and optical power, the increment in the number of channels of a photo detector array, i.e., a light-receiving element number, will become indispensable, and the cost rise by the problem of the yield accompanying many channelization of a photo detector array will arise.

[0021] Recently the number of channels of signal light especially becomes 100 or more channels, and that to which the number of photo detector arrays exceeds several 100 elements or 1000 elements is needed. In view of such a thing, by the optical spectrum analyzer concerning this invention [2] The spectroscopy which inputs a wavelength division multiplex signal, and the acoustooptics component which can diffract the output light of this spectroscopy, The photo detector array which detects at least one wave of the diffracted light by this acoustooptics component, or the non-diffracted light, It has the control circuit where the output light of this spectroscopy controls whenever [angle-of-diffraction / of this acoustooptics component] so that each wavelength of this wavelength division multiplex signal is given to this photo detector array one by one. It is made to detect wavelength division multiplex signal light by preparing the minimum light-receiving element number as a photo detector array (4/additional remark 13 of claims).

[0022] That is, the photo detector array in this case is easy to detect at least one wave of the diffracted light by the acoustooptics component, or the non-diffracted light. And the control circuit is controlling whenever [angle-of-diffraction / of this acoustooptics component] so that each wavelength of the wavelength division multiplex signal which is the output light of a spectroscopy is given to for example, an one-wave component or a two-wave component [every] sequential photo detector array.

[0023] Therefore, although incident light L_{in} turns into wavelength λ_1 , λ_2 , and λ_3 and the reflected light L_{out} in which λ_{dan} carried out wavelength dispersion by the acoustooptics component 6 as theoretically shown in drawing 2, the photo detector array 7 should be equipped only with the photo detector which can detect only one wavelength component in this case.

[0024] and the thing which a control circuit 15 does for the frequency control of the acoustooptics component 6 although the photo detector array 7 detects the reflected light of λ_1 like illustration at first when a control circuit 15 controls the acoustooptics component 6 — the photo detector array 7 — one by one — wavelength λ_2 and λ_3 and λ_{dan} — detectable — coming — with — **** — — finally the photo detector array 7 with all the small wavelength of a wavelength division multiplex signal can detect.

[0025] Moreover, the above-mentioned photo detector array can be equipped with a number of photo detectors which can respond to wavelength spacing (wavelength difference) of two or more application systems alternatively in this invention [2] (additional remark 14). Furthermore by this invention [2], wavelength spacing of two or more above-mentioned application systems can be made into spacing of C band and Lband (additional remark 15).

[0026] It is possible to detect the wavelength deflection to the allocation wavelength of the light in which the photo detector array detected the control circuit using the feedback function shown by above-mentioned this invention [1], and to control whenever [angle-of-diffraction / of this acoustooptics component] also in this invention [2], furthermore, (5/additional remark 16 of claims).

[0027] Furthermore, when an acoustooptics component diffracts the output light of the spectroscopy which inputs a wavelength division multiplex signal also in this this invention [2], At least one wave of the diffracted light or the non-diffracted light is detected by the photo detector array, and the optical

spectrum detection approach that a control circuit controls whenever [angle-of-diffraction / of this acoustooptics component] is offered so that each wavelength component of this wavelength division multiplex signal may be given to this photo detector array one by one (additional remark 17).

[0028]

[Embodiment of the Invention] Example drawing 3 of this invention [1] shows the example of the whole configuration using the optical spectrum analyzer concerning this invention. In this example of a configuration, while using the acoustooptics component 6 from which a refractive index (angle of diffraction) changes by impressing a modulation electrical potential difference instead of the reflective mirror 60 so that it may understand if it compares with the conventional example of drawing 17, it differs in that the control circuit 10 is established in the feedback loop from the photo detector array 7 to the acoustooptics component 6.

[0029] This control circuit 10 consists of series circuits of the wavelength deflection detector 11, the beam angle-of-diffraction calculation circuit 12, the modulation frequency calculation circuit 13, and a modulation circuit 14, and the wavelength deflection detector 11 consists of series circuits of the peak wavelength calculation section 111 and the wavelength deflection detecting element 112 further.

[0030] Sequential explanation of the actuation in the example of such this invention is given for every circuit. First, the wavelength deflection detector 11 is explained. Drawing 4 shows the example of the peak wavelength calculation section 111 which constitutes the wavelength deflection detector 11. In this peak wavelength calculation section 111, the input signal luminous intensity to each photo detector which constitutes the photo detector array 7 is detected first (step S1).

[0031] As this shows drawing 5, having been measured as a-c on the strength, respectively is shown like illustration of the input signal luminous intensity [in / for example / photo detectors PD1-PD3] in the photo detector array 7. Thus, the Gaussian distribution is searched for based on detected a-c on the strength (step S2). Thereby, Gaussian distribution G is obtained like illustration.

[0032] Consequently, the peak point P is searched for in connection with Gaussian distribution G (step S3). And wavelength λ_{p} of the peak point P is computed based on the wavelength λ_1 - λ_3 beforehand assigned to photo detectors PD1-PD3, respectively (step S4). In addition, the allocation wavelength to each photo detector of the photo detector array 7 needs to assign the wavelength as initial value by the initial state which does not impress a modulation electrical potential difference to the acoustooptics component 6.

[0033] Drawing 6 shows the example of the wavelength deflection detecting element 112, and if the number of allocation wavelength is now set to n, corresponding to this, n comparators C1-Cn are formed, and it will input the allocation wavelength λ_1 - λ_n into the other-end child of each comparators C1-Cn while it inputs in common peak wavelength λ_{p} for which each was asked by drawing 4 and 5.

[0034] and the output signal of these comparators C1-Cn — difference — as a value — difference — it is detected by detecting elements D1-Dn, respectively, and this is given to the minimum value extract section E — this minimum value extract section E — setting — min — difference — a value is extracted as wavelength deflection $\Delta\lambda$. Thus, after wavelength deflection $\Delta\lambda$ is detected, in the beam angle-of-diffraction calculation circuit 12 shown in drawing 3, the beam angle of diffraction θ is computed using this wavelength deflection $\Delta\lambda$.

[0035] Relation with the beam angle of diffraction θ is indicated to be wavelength deflection $\Delta\lambda$ detected in the wavelength deflection detector 11 to drawing 7, and it can be easily asked for the beam angle of diffraction θ for carrying out incidence to the nearest photo detector by taking into consideration geometrically the location gap equivalent to the distance of the acoustooptics component 6 and the photo detector array 7, and wavelength deflection $\Delta\lambda$ etc.

[0036] Thus, if the beam angle of diffraction θ is searched for in the beam angle-of-diffraction calculation circuit 12, based on this beam angle of diffraction θ , modulation frequency f_a will be computed in the modulation frequency calculation circuit 13. That is, it is already known that the relation between the angle of diffraction θ of a light beam and acoustic frequency f_a will be given by the degree type.

[0037] $\theta = \lambda - f_a / V_a$ formula (1), however f_a : acoustic wave frequency θ : angle-of-diffraction V_a : acoustic wave rate λ : — if the wavelength assigned to the nearest photo detector, therefore the above-mentioned formula (1) are solved about acoustic frequency f_a , it will become like a degree type.

[0038] $f_a = \theta - V_a / \lambda$ a formula (2) — in this formula (2), since the acoustic wave rate V_a and wavelength λ are known values, if the angle of diffraction θ searched for as mentioned above in the beam angle-of-diffraction calculation circuit 12 is substituted, acoustic frequency f_a will be obtained.

[0039] Thus, if modulation frequency f_a is called for in the modulation frequency detector 13, by giving this frequency f_a to a modulation circuit 14, a modulation circuit 14 will drive the acoustooptics component 6 with a frequency f_a , and can control the angle of diffraction of that outgoing radiation beam.

[0040] Consequently, by carrying out a wavelength shift by wavelength deflection $\Delta\lambda$, as shown in drawing 1 (2), even when incidence of the light beam is carried out in the middle of photo detectors PD2 and PD3 (power distribution **), it will be controlled so that the beam core (power distribution **) of incident light comes to the core of the nearest photo detector PD 3 of the wavelength assigned beforehand.

[0041] the above-mentioned example — the control characteristic of an acoustooptics component — being based — feedback control — carrying out — with — **** — although it is controlling so that a light beam comes to the core of an allocation photo detector, the example when not performing such feedback control is shown in drawing 8. That is, in the case of this example, 2 sets of photo detector arrays 71 and 72 are prepared, and each photo detectors PD1-PD7 are arranged like illustration in the relation with which the photo detectors [in / for the gap of the photo detectors PD1-PD4 which constitute the photo detector array 71 / other photo detector arrays 72] PD5-PD7 can be compensated.

[0042] Therefore, as shown in this drawing (3), it uses that the transmitted light α_2 and the diffracted light α_3 are separated and outputted by the angle of diffraction θ to incident light α_1 , and it is made to irradiate the photo detector array 71 shown in this drawing (1), and the transmitted light α_2 is arranging another side and the diffracted light α_3 so that the photo detector array 72 shown in this drawing (2) may be irradiated.

[0043] Since the core of the diffracted light α_3 is in agreement with a photo detector PD 6 by this even when that core is located in the gap of photo detectors PD2 and PD3 in the transmitted light α_2 , it becomes possible to measure exact wavelength by this diffracted light α_3 . In addition, in the above-mentioned example, when shown in drawing 3, the acoustooptics component of a reflective mold was shown and the example of drawing 8 showed the acoustooptics component 6 of a transparency mold, but as shown in drawing 9, acoustooptics either the acoustooptics component of the transparency mold shown in this drawing (1) or component of the reflective mold shown in this drawing (2) can be applied to each example.

[0044] Furthermore, although the beam angle of diffraction was searched for in the above-mentioned example in order to ask for the frequency which modulates an acoustooptics component, it may ask for a refractive index based on wavelength deflection $\Delta\lambda$ for which it asked in the wavelength deflection detector 11, and you may ask for modulation frequency f_a by this.

In this example shown in example drawing 10 of this invention [2] The photo detector array 7 does not receive many of wavelength division multiplex (WDM) many of [all or] to coincidence so that it may understand, if it compares with the example of this invention [1] shown in drawing 3. It is the thing equipped with a number of photo detectors which can detect only an one-wave component or few wavelength components beyond it, and the points controlled so that the diffracted light from an acoustooptics component can receive light by this photo detector array 7, wavelength is shifted one by one and a control circuit 15 goes differ.

[0045] In addition, a control circuit 15 is told about having detected that this received light by the photo detector array 7, and although the synchronizing signal SYN is given to the control circuit 15 from the photo detector array 7, a control circuit 15 controls the acoustooptics component 6 by this example through a modulation circuit 15 so that the following wavelength is detected by the photo detector array 7 based on this.

[0046] However, if the time amount which changes this wavelength spacing beforehand is set up, since it is not necessary to use such a synchronizing signal SYN especially, it is illustrated by the dotted line. Change of the wavelength of the reflected light L_{out} of the photo detector array at the time of controlling the modulation frequency given to the acoustooptics component 6 through a modulation circuit 14 from a control circuit 15 is shown in drawing 11.

[0047] That is, in a certain condition that it was shown in drawing 10, as shown in drawing 2, only wavelength λ_1 component of the reflected lights L_{out} (λ_1 , λ_2 , — λ_n) carries out incidence to the photo detector array 7, but as shown in drawing 11 (1) - (3), the output frequency of a modulation circuit 14 is changed from this condition to f_3 in step from f_1 .

[0048] In the case of the time of day T1 of this drawing (1), when incident light L_{in} is reflected as the reflected light L_{out} (λ_1 , λ_2 , — λ_n) from the acoustooptics component 6 with modulation frequency f_1 , it constitutes so that incidence only of the wavelength λ_2 component of them may be carried out to the photo detector array 7. Moreover, in the case of this drawing (2), since the angle of

diffraction theta will be increased from the frequency f_1 to f_2 in connection with increasing if a control circuit 15 enlarges the acoustic wave frequency f_a of a modulation circuit 14 as shown in the above-mentioned formula (1), incidence only of the wavelength λ_3 component of the reflected light L_{out} to incident light L_{in} comes to be carried out to the photo detector array 7.

[0049] Furthermore, in the case of this drawing (3), the photo detector array 7 is made to carry out incidence only of the wavelength λ_4 component of the reflected light L_{out} in connection with having made the frequency f_3 still higher than the above-mentioned frequency f_2 . Drawing 12 (1) The signal input state to the photo detector array 7 at the time of [each] being shown in drawing 11 (1) - (3) is shown in - (3).

[0050] namely, in the case of the time of day T_1 (frequency f_1) of drawing 12 (1) The condition that incidence only of the wavelength λ_2 component of the reflected lights L_{out} was carried out is shown in the photo detector array 7, and in being the time of day T_2 (frequency f_2) of this drawing (2) In the case of time-of-day T_3 (frequency f_3) of wavelength λ_3 component of the reflected light L_{out} , and this drawing (3), it is constituted so that only wavelength λ_4 component of the reflected light L_{out} may carry out incidence.

[0051] Thus, in the case of time of day T_n (frequency f_n), incidence only of the wavelength λ_n -component of the reflected light L_{out} will be carried out to the photo detector array 7 so that when a control circuit 15 changes serially in step may generally show the output signal frequency of a modulation circuit 14 in this drawing (4).

[0052] As shown in drawing 12, when carrying out the one-wave component shift of the reflected light, the photo detector array 7 should just be equipped with the number of the photo detectors equivalent to the die length of a two-wave component. Moreover, when a frequency is changed in this way, it asks about the frequency which carries out an one-wave component shift.

[0053] In the above-mentioned formula (1) when [first] $\lambda = 1.5$ micrometers of light wave length in air, acoustic wave frequency $f_a = 10$ MHz, and acoustic wave rate $V_a = 3$ km/s (in the case of a lithium NAIO bait), it is $\theta = 0.005$ rads = 0.3 degrees. It becomes a formula (3).

[0054] On the other hand, when frequency spacing of incident light is set to 50GHz, as shown in the following table, it turns out that wavelength spacing (wavelength difference) is set to 0.4nm.

[0055]

[Table 1]

50GHz周波数間隔

CH	周波数 f (GHz)	波長 λ (nm)	備考
30	193,000	1553.3290	$\left\{ \begin{array}{l} 50\text{GHz} \\ 0.4012\text{nm} \end{array} \right\}$
30.5	193,050	1552.9278	
31	193,100	1552.5246	
31.5	193,150	1552.1228	
32	193,200	1551.7210	

That is, the frequency f shows the frequency of light and is equivalent to the value calculated from $f = c$ (velocity of light) / λ (light wave length) $= 3 \times 10^8 / 1.55 \times 10^{-6} = 193,000$ GHz. If the channels CH30 and CH30.5 in the above-mentioned table are compared, frequencies will be 193,000GHz and 193,050GHz respectively, and the delta frequency will be set to 50GHz. While this value corresponds to frequency spacing of 50GHz, wavelength spacing of 0.4nm is supported.

[0056] Although the above-mentioned wavelength spacing shows spacing between the adjoining wavelength in drawing 12, this wavelength spacing is expressed in fact as amount of beam gaps δ as shown in drawing 13. That is, as shown in drawing 13, when distance of the acoustooptics component 6 and the photo detector array 7 is set to d and wavelength spacing is set to $\delta \lambda$, amount of beam gaps δ is given by the following formula.

[0057] $\delta = a \times d \times \delta \lambda$ A formula (4), however a are constants. Here, amount of beam gaps δ is obtained as about 100 micrometers like illustration by substituting for the above-mentioned formula (4) the distance of $d = 10$ cm of wavelength spacing of 0.4nm for which it asked from the above-mentioned

table, and the acousto-optics component 6 shown in drawing 13 and the photo detector array 7, and giving a constant a according to various conditions.

[0058] Consequently, it is set to $\tan\theta=10^{-3}$ and becomes $\theta=0.06$ degrees. Since $\theta=0.3$ degrees is obtained by the above-mentioned formula (3) and it is 0.3 degrees in 10MHz, modulation frequency is known by that what is necessary is $10 / \text{just to shift } 5 = 2\text{MHz}$ $\theta=0.06$ degrees in order [in the case of the example of drawing 13] to shift a need beam, since it becomes 5 times.

[0059] Therefore, in the case of drawing 11 and drawing 12 which were shown as an example, the frequency from a modulation circuit 14 will be shifted in step every 2MHz, and should just go for it. Although only an one-wave component carries out incidence of the reflected light L_{out} to the photo detector array 7 in the example shown in above-mentioned drawing 11 and above-mentioned drawing 12, although a fundamental optical design is the same as the case of drawing 11 and drawing 12, the points which increased the signal which carries out incidence to coincidence on the photo detector array 7 from one channel (wavelength component) to two channels differ at the same point which carries out an one-wave component shift by the example shown in drawing 14. That is, the number of the photo detectors of the photo detector array 7 is increased to two channels.

[0060] The application of the example shown in such drawing 14 is shown in drawing 15. Namely, although a beam is formed on the photo detector array 7 at intervals of the wavelength of 0.4nm, and it is shifted and it goes like the example shown in drawing 14 like wavelength λ_1 , λ_2 , λ_3 , and λ_4 and — when frequency spacing of incident light L_{in} is the above-mentioned 50GHz When incident light L_{in} changes to frequency spacing of 50 to 100GHz (at the time of a system change) Since wavelength spacing becomes with 0.8nm in the case of 100GHz frequency spacing as shown in the above-mentioned table, what is necessary will be just to form a beam with a frequency spacing of 50GHz alternately, as shown in drawing 15.

[0061] It follows, for example, in the case of the time of day T1 (frequency f_1) of this drawing (1), incidence of the two-wave component λ_2 and the λ_2 beam is carried out to the photo detector array 7 at intervals of [of 50GHz] a frequency, and when it is 100GHz, incidence only of the one-wave component λ_2 right-hand side beam will be carried out. The condition of the reflected light in the case of changing frequency spacing of 50GHz and 100GHz as shown in drawing 15 to drawing 16 is shown. That is, supposing a dotted line is the reflected light L_{out} which is frequency spacing of 50GHz, the continuous line shows the reflected light L_{out} with a frequency spacing of 100GHz, and when a 100GHz application system and a 50GHz application system are changed, it will become possible [corresponding about both systems by one photo detector array 7 so that it may be shown] to drawing 15.

[0062] Thus, as for wavelength spacing of wavelength division multiplex (WDM) signal light, 0.8nm, 0.4 etc.nm, etc. are decided as ITU-T grid wavelength, and it turns out that what is necessary is just to change the refractive index of an acoustooptics component according to this wavelength spacing. Moreover, change of the outgoing radiation location of a light beam becomes possible [choosing freely not only of the one wave component of ITU-T shot wavelength but of a two wave component or a three wave component], and becomes possible [designing on balance with required precision of wave length and cost].

[0063] Furthermore, C band and L band can be made to share the wavelength of the above-mentioned application system. Moreover, by feeding back so that the incidence to the component may be avoided even if there is a component of the photo detector array of a malfunction, if the operating state of a photo detector array is checked, even if there is a photo detector array component of a malfunction, measurement of a wavelength division multiplex (WDM) signal will completely be attained.

[0064] Furthermore, although explained in drawing 10 as what is not equipped especially with a configuration like this invention [1] as a control circuit 15 By applying this invention [1] similarly, it also sets to the photo detector array of a small number of photo detectors. If the wavelength deflection to the allocation wavelength of the light which the photo detector array detected is detected and feedback control of whenever [angle-of-diffraction / of an acoustooptics component] is carried out, in a more desirable form, it will become possible to make in agreement the core of each photo detector and the peak of a light beam, and it will become detectable [exact lightwave signal wavelength].

[0065] (Additional remark 1) The optical spectrum analyzer characterized by having a spectroscopy, the acoustooptics component which can diffract the output light of this spectroscopy, the photo detector array which detects the wavelength of the diffracted light by this acoustooptics component, or the non-diffracted light, and the control circuit which detects the wavelength deflection to the allocation wavelength of the light which this photo detector array detected, and controls whenever [angle-of-diffraction / of this acoustooptics component].

[0066] The wavelength deflection detector which detects the wavelength deflection of the wavelength from which this control circuit constitutes this photo detector array, and which is beforehand assigned for every photo detector, and the wavelength of the light which this photo detector detected in additional remark 1, (Additional remark 2) with the beam angle-of-diffraction calculation circuit which computes the beam angle of diffraction for carrying out incidence to this photo detector corresponding to this quota ***** wavelength from this wavelength deflection the acoustic frequency calculation circuit which computes this acoustic frequency from this beam angle of diffraction, and is given to this acoustooptics component, and the optical spectrum analyzer characterized by being come out and constituted.

[0067] (Additional remark 3) the optical spectrum analyzer characterized by the calculation section in which this wavelength deflection detector computes the peak wavelength of the light which this photo detector array detected, the detecting element which detects the wavelength deflection of this peak wavelength and the nearest thing of the photo detectors in this photo detector array, and being come out and constituted in additional remark 2.

[0068] (Additional remark 4) The optical spectrum analyzer with whom this calculation section was characterized by computing this peak wavelength by searching for Gaussian distribution from this reinforcement in quest of the reinforcement of each photo detector in the additional remark 3.

(Additional remark 5) The optical spectrum analyzer characterized by having a spectroscopy, the acoustooptics component which makes the output light of this spectroscopy diffract, and two photo detector arrays prepared so that the gap of each photo detector might be compensated mutually, while carrying out incidence of the outgoing radiation light and the diffracted light by this acoustooptics component, respectively.

[0069] (Additional remark 6) The optical spectrum analyzer with whom this acoustooptics component was characterized by being the thing of a reflective mold or a transparency mold in either of the additional remarks 1-5.

(Additional remark 7) The optical spectrum analyzer characterized by including further the polarization compensating plate which divides this wavelength division multiplex input signal into an orthogonal component.

[0070] (Additional remark 8) The optical spectrum analyzer characterized by this spectroscopy being the diffraction grating which carries out space separation of the output light of this polarization compensating plate for every wavelength component in the additional remark 7.

(Additional remark 9) The optical spectrum detection approach characterized by detecting the wavelength deflection to the allocation wavelength of the light which this photo detector array detected, and controlling whenever [angle-of-diffraction / of this acoustooptics component] in case the output light of a spectroscopy is detected by the photo detector array through an acoustooptics component.

[0071] In additional remark 9, the wavelength deflection of the wavelength from which control of whenever [this angle-of-diffraction] constitutes this photo detector array and which is beforehand assigned for every photo detector, and the wavelength of the light which this photo detector detected is detected.

(Additional remark 10) the approach characterized by being carried out by computing the beam angle of diffraction for carrying out incidence to this photo detector corresponding to this quota ***** wavelength from this wavelength deflection, computing this acoustic frequency from this beam angle of diffraction, and giving this acoustooptics component.

[0072] (Additional remark 11) The approach characterized by performing detection of this wavelength deflection in additional remark 10 by computing the peak wavelength of the light which this photo detector array detected, and detecting the wavelength deflection of this peak wavelength and the nearest thing of the photo detectors in this photo detector array.

[0073] (Additional remark 12) The approach characterized by performing calculation of this peak wavelength in additional remark 11 by searching for Gaussian distribution from this reinforcement in quest of the reinforcement of each photo detector.

The spectroscopy which inputs a wavelength division multiplex signal, and the acoustooptics component which can diffract the output light of this spectroscopy, (Additional remark 13) The photo detector array which detects the at least one-wave component of the diffracted light by this acoustooptics component, or the non-diffracted light, The optical spectrum analyzer characterized by having the control circuit where the output light of this spectroscopy controls whenever [angle-of-diffraction / of this acoustooptics component] so that each wavelength component of this wavelength division multiplex signal is given to this photo detector array one by one.

[0074] (Additional remark 14) The optical spectrum analyzer characterized by having a number of photo detectors with which this photo detector array can respond to wavelength spacing of two or more

application systems alternatively in additional remark 13.

(Additional remark 15) The optical spectrum analyzer with whom wavelength spacing of two or more of these application systems is characterized by being C band and L band in additional remark 14.

[0075] (Additional remark 16) The optical spectrum analyzer characterized by for this control circuit detecting the wavelength deflection to the allocation wavelength of the light which this photo detector array detected, and controlling whenever [angle-of-diffraction / of this acoustooptics component] in any one of the additional remarks 13-15.

[0076] (Additional remark 17) The optical spectrum detection approach that a control circuit controls whenever [angle-of-diffraction / of this acoustooptics component] so that at least one wave of the diffracted light or the non-diffracted light is detected by the photo detector array and each wavelength component of this wavelength division multiplex signal is given to an outside photo detector array one by one, when an acoustooptics component diffracts the output light of the spectroscopy which inputs a wavelength division multiplex signal.

[0077]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the optical spectrum analyzer concerning this invention, and its optical spectrum detection approach Since it constituted so that the wavelength deflection to the allocation wavelength of the light which the photo detector array which detects the wavelength of the outgoing radiation light by the acoustooptics component or the diffracted light detected might be detected and feedback control of whenever [angle-of-diffraction / of an acoustooptics component] might be carried out It becomes possible to always make in agreement the core of each photo detector and the peak of a light beam, without increasing the light-receiving element number of a photo detector array, and the monitor of exact lightwave signal wavelength becomes possible.

[0078] Moreover, in this invention, it becomes possible to make the core of a photo detector and the peak of a light beam similarly in agreement in each photo detector arranged so that the outgoing radiation light and the diffracted light from an acoustooptics component may be received, respectively and a gap may be mutually compensated by two photo detector arrays, without using feedback control.

[0079] Moreover, by this invention, the at least one-wave component of the diffracted light by the acoustooptics component or the non-diffracted light is detected by the photo detector array, and the following effectiveness is acquired because a control circuit controls whenever [angle-of-diffraction / of this acoustooptics component] so that each wavelength of a wavelength division multiplex signal is given to this photo detector array for the output light of a spectroscopy one by one.

[0080] Although 32-40-channel 100 more or more channels and a demand are growing [current and the number of wavelength division multiplex channels] and the component of the photo detector array for corresponding to this demand is also increasing, the element number of a photo detector array is 256 elements or a value with 512 realistic elements. By choosing the signal light which makes the element number which is extent to which the element number of a photo detector array is made as for measurement of one channel in this invention, and carries out incidence to a photo detector array with an acoustooptics component, although the price of a photo detector array component will rise from problems, such as the number of chips which can be taken from the yield and one wafer, in order to obtain the photo detector array of these element numbers, it becomes possible to reduce an element number sharply, and a large cost cut is attained.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing for explaining an operation of the spectrum analyzer concerning this invention [1] to the conventional technique.

[Drawing 2] It is drawing for explaining the principle of the optical spectrum analyzer concerning this invention [2].

[Drawing 3] It is the block diagram having shown the whole spectrum analyzer example of a configuration concerning this invention [1].

[Drawing 4] It is the block diagram having shown the example of the peak wavelength calculation section used for the spectrum analyzer concerning this invention [1].

[Drawing 5] It is a graphical representation for explaining the actuation of the peak wavelength calculation section shown in drawing 3.

[Drawing 6] It is the block diagram having shown the example of the wavelength deflection detecting element used for the optical spectrum analyzer concerning this invention [1].

[Drawing 7] It is the schematic diagram having shown the relation of the beam angle of diffraction and wavelength deflection for which it asks with the optical spectrum analyzer concerning this invention [1].

[Drawing 8] It is the block diagram having shown other examples of the optical spectrum analyzer concerning this invention [1].

[Drawing 9] It is the block diagram having shown the class of acoustooptics component used for the optical spectrum analyzer concerning this invention [1].

[Drawing 10] It is the block diagram having shown one example of the optical spectrum analyzer concerning this invention [2].

[Drawing 11] It is drawing having shown the relation between the modulation frequency of an acoustooptics component, and the incident wave length to a photo detector array in this invention [2].

[Drawing 12] It is drawing having shown the signal input state (example of an one-wave component shift) to the photo detector array of each time of day in this invention [2].

[Drawing 13] It is drawing for explaining the relation between the amount of beam gaps, and a beam angle of diffraction in this invention [2].

[Drawing 14] It is drawing having shown the signal input state (example of a two-wave component shift) to the photo detector array of each time of day in this invention [2].

[Drawing 15] It is drawing having shown the signal input state to the photo detector array of each time of day at the time of sharing frequency spacing of 50GHz / 100GHz application system.

[Drawing 16] It is drawing having shown the output light from the acoustooptics component when changing an application system in this invention [2].

[Drawing 17] It is the block diagram having shown the conventional optical spectrum analyzer.

[Description of Notations]

- 1 Optical Fiber
- 2 Polarization Compensating Plate
- 3 Five Lens
- 4 Diffraction Grating (Spectroscope)
- 6 Acoustooptics Component
- 7, 71, 72 Photo detector array
- PD1-PD7 Photo detector
- 10 Control Circuit
- 11 Wavelength Deflection Detector

- 111 Peak Wavelength Calculation Section
- 112 Wavelength Deflection Detecting Element
- 12 Beam Angle-of-Diffraction Calculation Circuit
- 13 Modulation Frequency Calculation Circuit
- 14 Modulation Circuit
- 15 Control Circuit

The same sign shows the same or a considerable part among drawing.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

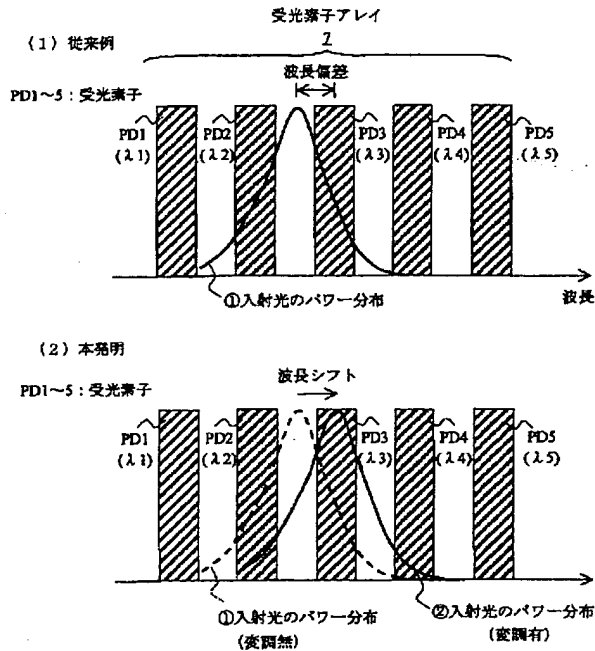
2.*** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

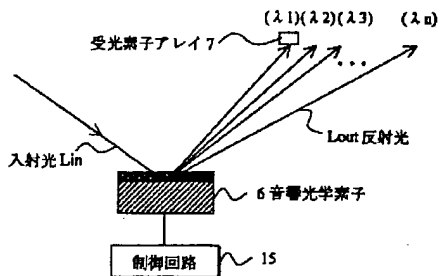
[Drawing 1]

本発明 [1] の原理説明図



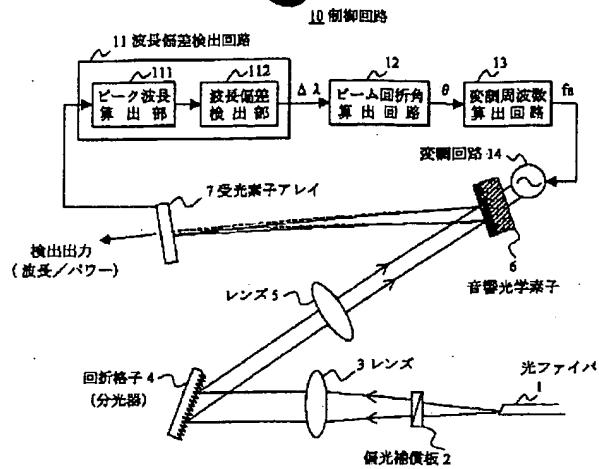
[Drawing 2]

本発明 [2] の原理説明図



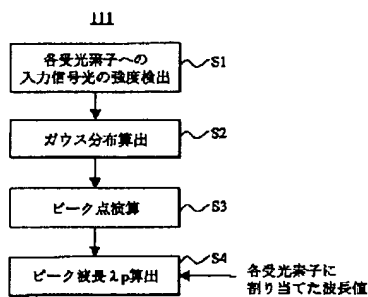
[Drawing 3]

本発明の実施例



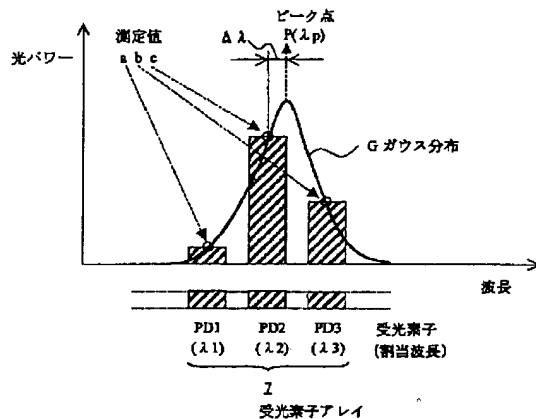
[Drawing 4]

ピーク波長算出部の実施例



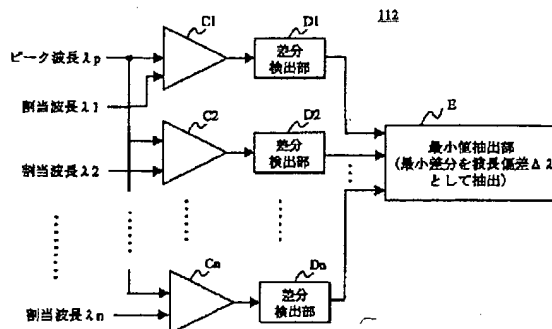
[Drawing 5]

入射光のピーク波長と受光素子との関係例



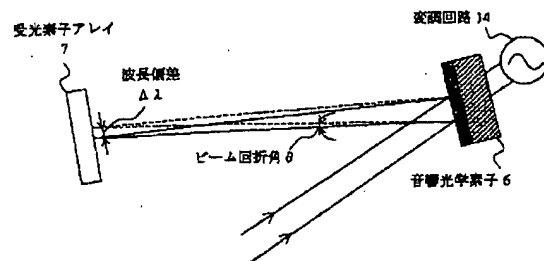
[Drawing 6]

波長偏差検出部の実施例



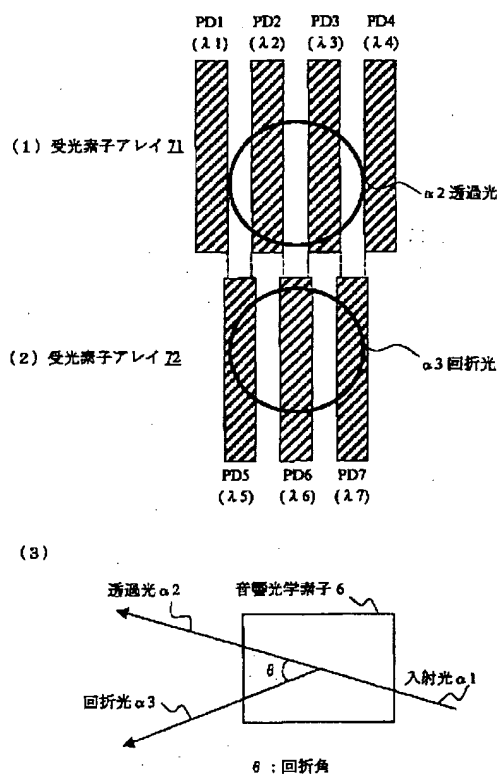
[Drawing 7]

波長偏差とビーム回折角との関係



[Drawing 8]

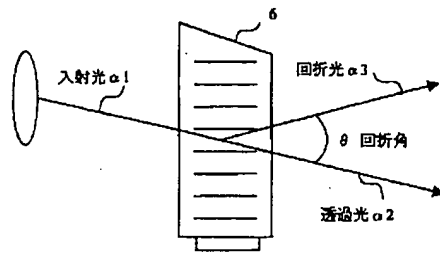
本発明「1」の他の実施例



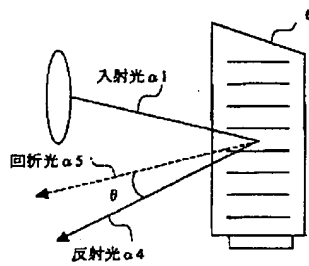
[Drawing 9]

音響光学素子の実施例

(1) 透過型

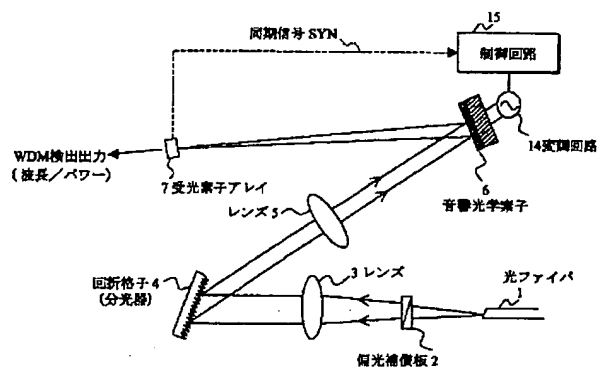


(2) 反射型



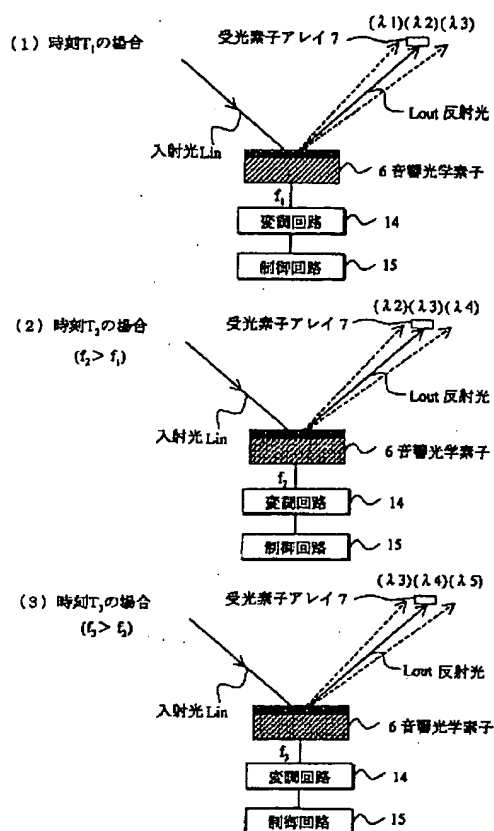
[Drawing 10]

本発明「2」の実施例



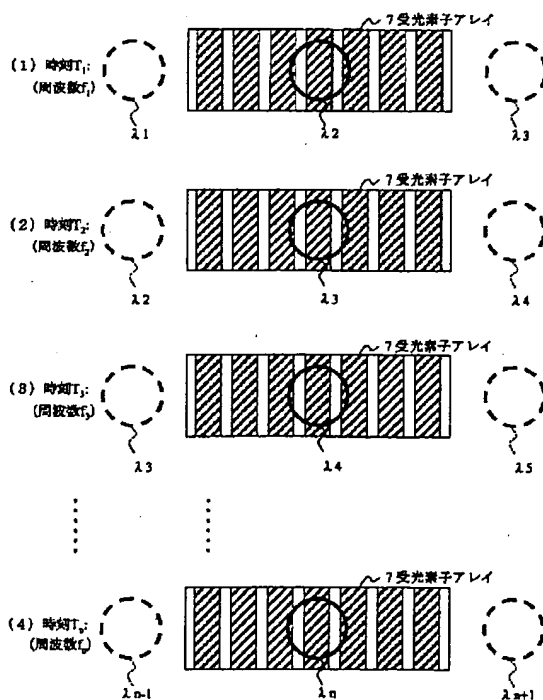
[Drawing 11]

音響光変調器の共振周波数と
受光素子アレイへの入射波長との関係



[Drawing 12]

各時刻の受光素子アレイへの信号入力状態 (1 波長成分シフト例)



[Drawing 13]

6. 音響光学素子

7. 受光素子アレイ

$\theta = 0.06$

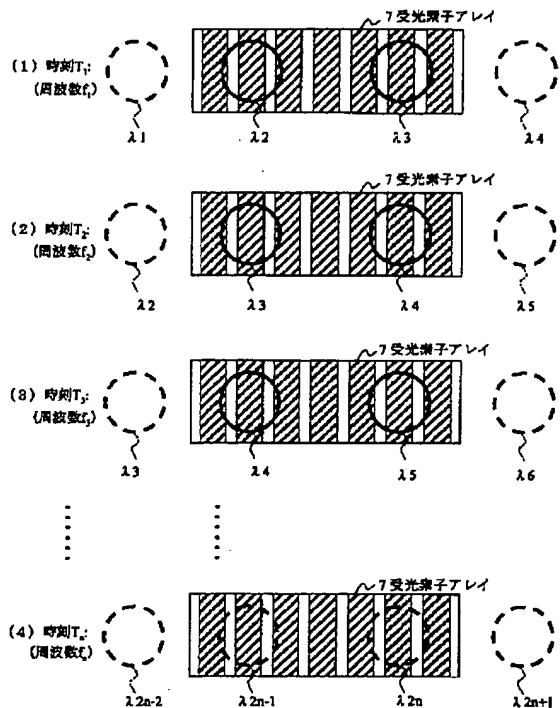
$d = 10\text{cm}$

$\Delta 1$ ビームずれ量
(100 μm)

2.1

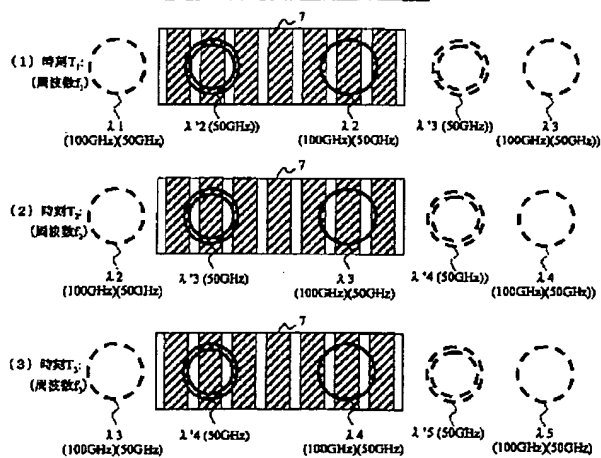
2.2

各時刻の受光素子アレイへの信号入力状態（2波長成分シフト例）



各時刻の受光素子アレイへの信号入力状態

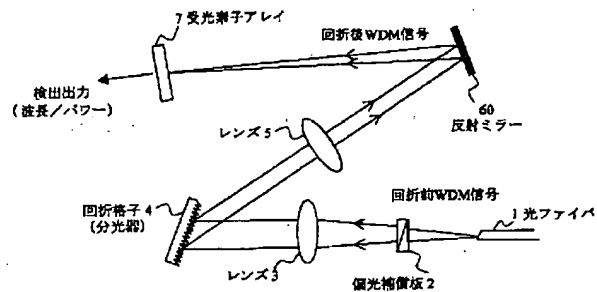
(50GHz/100GHzシステム共用例)



[Drawing 16]

Figure 1 is a schematic diagram of a 6th-order optical isolator. An incident light L_{in} enters from the left, hits a 6th-order optical isolator (6次光学素子), and is reflected as L_{out} . The isolator is connected to a control circuit (制御回路) labeled 13, which operates at 50GHz / 100GHz. The isolator is composed of multiple elements labeled with coordinates $(\lambda'_1 \lambda'_1), (\lambda'_2 \lambda'_2), (\lambda'_3 \lambda'_3), \dots, (\lambda'_n \lambda'_n)$.

從來例



2006/02/15

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.